الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة دمشق

كلية الزراعة (قسم علوم التربة)

دراسة التوزع المكاني للجفاف في منطقة الساحل السوري (محافظتي اللاذقية و طرطوس) باستخدام قرينة SPI / و تقييم أثرها على رطوبة التربة

Studying the Drought spatial distribution at the Syrian coast (Lattakia and Tartous) using the SPI Index and evaluating its impact on Soil moisture

بحث أعد لنيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية

(قسم علوم التربة)

إعداد : ندى وفيق محمد

الإشراف

د. وسيم المسبر

مدرس – كلية الزراعة / جامعة دمشق

قسم علوم التربة

مشرفاً علمياً

د. إياد أحمد الخالد

مدير بحوث – الهيئة العامة للاستشعار عن بعد

رئيس قسم البحوث والدراسات الزراعية

مشرفاً مشاركاً

2020-2019 م

تصريح

أصرّح بأنّ البحث الموصوف في هذه الرسالة تحت عنوان " **دراسة التوزع المكاني للجفاف في منطقة الساحل السوري (محافظتي اللاذقية وطرطوس) باستخدام قرينة / SPI / و تقييم أثرها على رطوبة التربة** "
لم يسبق أن قدم للحصول على أي درجة جامعية أخرى، وغير مقدم حاليا للحصول على شهادة أخرى .

المرشح

ندى وفيق محمد

Declaration

To whom it may concern: I declare that the present research work entitled:**" Studying the Drought spatial distribution at the Syrian coast (Lattakia and Tartous) using the SPI Index and evaluating its impact on Soil moisture "** is a new research work , and has neither been already accepted any degree, nor has been submitted concurrently for any other degree .

Candidate

Nada Wafik Muhammad

شهادة

نشهد بأنّ هذا العمل الموصوف في هذه الرسالة " **دراسة التوزع المكاني للجفاف في منطقة الساحل السوري (محافظتي اللاذقية و طرطوس) باستخدام قرينة / SPI / و تقييم أثرها على رطوبة التربة** " هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة ندى وفيق محمد بإشراف الدكتور وسيم المسبر (مدرس – قسم علوم التربة ، كلية الزراعة / جامعة دمشق) والدكتور إياد أحمد الخالد (مدير بحوث – رئيس قسم البحوث والدراسات الزراعية / الهيئة العامة للاستشعار عن بعد) ، وأن المراجع المستخدمة في هذه الرسالة موثقة أصولا ضمن النص.

المرشح إشراف

ندى وفيق محمد **د. وسيم المسبر** **د. إياد أحمد الخالد**

Certification

It is hereby certified that the work described in this thesis " Studying the Drought spatial distribution at the Syrian coast (Lattakia and Tartous) using the SPI Index and evaluating its impact on Soil moisture " is the result of scientific research done by candidate **Nada Wafik Muhamma** under the supervision of **Dr. Wassim Almesber** (Associate professor- Soil Science Department, Faculty of Agriculture / Damascus University), and **Dr. Eyad Ahmad Alkhaled** (Research Director- Head of the Agricultural Research and Studies Department / General organization of Remote Sensing) , and any reference to other research work has been duly acknowledged in the text.

Candidate **Supervision**

Nada Wafik Muhammad Dr. Wassim Almesber Dr. Eyad Ahmad Alkhaled

قرار لجنة الحكم

قدمت هذه الرسالة " دراسة التوزع المكاني للجفاف في منطقة الساحل السوري (محافظتي اللاذقية و طرطوس) باستخدام قرينة / SPI / و تقييم أثرها على رطوبة التربة " من قبل المرشحة " ندى وفيق محمد " استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في علوم التربة في كلية الزراعة بجامعة دمشق، وأجيزت من قبل السادة أعضاء لجنة الحكم .

This thesis " Studying the Drought spatial distribution at the Syrian coast (Lattakia and Tartous) using the SPI Index and evaluating its impact on Soil moisture " has been submitted by candidate "Nada Wafik Muhammad" as partial fulfillment of the requirements for Master Degree in Soil sciences at the Faculty of Agriculture – Damascus University. The thesis has been approved by referee committee.

نوقشت هذه الرسالة في جلسة علنية في كلية الزراعة بجامعة دمشق بتاريخ **2020/6/14**

لجنة الحكم

أ.د. حسن حبيب **(عضواً)**

د. وسيم المسبر **(عضواً مشرفاً)**

أ.د. إياد سراي الدين **(عضواً)**

شكر وتقدير

أتقدم بالشكر الجزيل لكل صاحب فضل في إنجاز هذا العمل، وفي المقدمة عمادة كلية الزراعة ممثلة بالسيد العميد الدكتور عبد الوهاب المرعي ورئيس قسم علوم التربة في جامعة دمشق الأستاذ الدكتور أكرم البلخي والهيئة العامة للاستشعار عن بعد على احتضانهم هذا البحث ورعايته .

كما أشكر لجنة الحكم المؤلفة من الأستاذ الدكتور حسن حبيب والدكتور وسيم المسبر والأستاذ الدكتور إياد سراي الدين لتوجيهاتهم القيمة في تقييم هذا العمل المتواضع وإغنائه بخبراتهم .

و أخص بالشكر المشرفين الدكتور وسيم المسبر(مشرفاً علمياً – قسم علوم التربة-كلية الزراعة /جامعة دمشق) والدكتور إياد الخالد (مشرفاً مشاركاً – مدير بحوث و رئيس قسم البحوث والدراسات الزراعية -الهيئة العامة للاستشعار عن بعد) للدعم والمساندة والملاحظات القيمة خلال فترة الدراسة من لحظة استلام الإشراف وحتى المناقشة العلنية للعمل .

فهرس المحتويات I
فهرس الأشكال IV
فهرس الجداول VIII
جدول المصطلحات IX

فهرس المحتويات

الملخص 1
المقدمة و مبررات البحث و أهدافه 3
المقدمة Introduction 4
مبررات البحث The Research Justification 7
أهداف البحث The Research Object 9
1- الدراسة المرجعية Literature Review 11
1-1 مفهوم الجفاف و تعريفه 11
1-2 أنواع الجفاف (أنماط الجفاف) 12
1-3 مراقبة الجفاف 13
1-4 الاستشعار عن بعد (RS) Remote Sensing 14
1-4-1 مفهوم الاستشعار عن بعد 14
1-4-2 مراحل الاستشعار عن بعد 14
1-5 دراسة الجفاف باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد 16
1-5-1 دراسة الهطل المطري باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد 17
1-5-2 دراسة رطوبة التربة الأرضية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد 17
1-6 دليل الهطل المطري القياسي (SPI) 20
2- المواد و طرائق الدراسة Tools and Methods 24

2-1 مواد الدراسة 25
2-1-1 منطقة الدراسة 25
2-1-2 بيانات الصور الفضائية 26
2-1-3 دليل الهطل المطري القياسي (SPI) 26
2-1-4 البرمجيات المستخدمة 26
2-2 طريقة العمل 27
2-2-1 مرحلة تجميع بيانات الصور الفضائية للهطل المطري و رطوبة التربة 27
2-2-2 عملية معالجة الصور الفضائية 27
2-2-3 حساب دليل هطل الأمطار القياسي SPI 32
2-2-4 التحليل الاحصائي 35
3- النتائج والمناقشة Results and Discussion 36
3-1 إنتاج خرائط الهطل المطري 37
3-2 إنتاج خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0-10) سم 39
3-3 العلاقة بين كمية الهطل المطري و رطوبة التربة الأرضية للطبقة السطحية (0-10) سم 42
3-4 إنتاج خرائط الرطوبة الأرضية لعمق (10-40) سم 57
3-5 العلاقة بين كمية الهطل المطري ورطوبة التربة عمق (10-40) سم 58
3-6 إنتاج خرائط الرطوبة الأرضية لعمق (40-100) سم 71
3-7 العلاقة بين كمية الهطل المطري و رطوبة التربة لعمق (40-100) سم 72
3-8 العلاقة بين كمية الهطل المطري ورطوبة التربة لعمق (0-100) سم 85
3-9 العلاقة بين كمية الهطل المطري و دليل الهطل القياسي SPI 93
3-10 دليل الهطل القياسي على مستوى الشهر SPI 99
3-11 دليل الهطل القياسي على مستوى الموسم المطري-8 أشهر- SPI 115
3-12 دراسة علاقات الارتباط 117
3-12-1 دراسة الارتباط بين الهطل المطري و الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0-10) سم على مستوى الشهر 117
3-12-2 دراسة الارتباط بين الهطل المطري و الرطوبة الأرضية (10-40) سم على مستوى الشهر 117
3-12-3 دراسة الارتباط بين الهطل المطري و الرطوبة الأرضية (40-100) سم على مستوى الشهر 118

3-12-4 دراسة الارتباط بين الهطل المطري ز الرطوبة الأرضية (0-100) سم على مستوى الشهر 118
3-12-5 دراسة الارتباط بين الهطل المطري و دليل الهطل القياسي SPI على مستوى الشهر 119
3-12-6 دراسة الارتباط بين رطوبة التربة الأرضية للطبقة السطحية (0-10) سم ورطوبة التربة على باقي الأعماق 119
3-12-7 دراسة الارتباط بين رطوبة التربة الأرضية (10-40) سم ورطوبة التربة على باقي الأعماق 120
3-12-8 دراسة الارتباط بين رطوبة التربة و دليل الهطل القياسي SPI على مستوى الشهر 120
3-12-9 دراسة الارتباط بين الهطل المطري ورطوبة التربة و الدليل SPI على مستوى العام 125
الاستنتاجات 129
التوصيات 131
المراجع References 132
المراجع العربية 132
المراجع الأجنبية 133

فهرس الأشكال List of Figures

شكل 1 : الطيف الكهرومغناطيسي 14
شكل 2: مراحل الاستشعار عن بعد 15
شكل 3: الحدود الادارية لمحافظتي اللاذقية وطرطوس و البيكسلات المدروسة 26
شكل 4: مثال لأحد الصور الفضائية للهطل المطري بعد تحميلها من الموقع 27
شكل 5:اقتطاع مساحة الجمهورية العربية السورية من الصورة الفضائية للأمطار 28
شكل 6:اقتطاع مساحة منطقة الدراسة (محافظتي اللاذقية و طرطوس) 28
شكل 7:نموذج موديل مستخدم في تطبيق معامل التصحيح للهطل المطري 29
شكل 8:مثال لأحد النماذج المستخدمة لتصنيف الأمطار 29
شكل 9:مفتاح خرائط الهطل المطري 30
شكل 10:مفتاح خرائط الرطوبة الأرضية عمق (0-10) سم 31
شكل 11:مفتاح خرائط الرطوبة الأرضية عمق (10-40) سم 31
شكل 12:مفتاح خرائط الرطوبة الأرضية عمق (40-100) سم 32
شكل 13:موديل (نموذج) حساب دليل SPI 33
شكل 14:مفتاح خرائط دليل الهطل المطري القياسي SPI 33
شكل 15:نموذج تصنيف قيم الدليل SPI 34
شكل 16:خرائط الهطل المطري لمحافظتي اللاذقية وطرطوس للسلسلة الزمنية 2005-2010 38
شكل 17:كمية الأمطار السنوية الهاطلة على نقاط (بيكسلات) منطقة الدراسة للسلسلة الزمنية 2005-2010 39
شكل 18:خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0-10) سم لمنطقة الدراسة للسلسلة الزمنية 2005-2010 41
شكل 19:كمية الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية في نقاط (بيكسلات) منطقة الدراسة للسلسلة الزمنية 2005-2010 42
شكل 20:خرائط الهطل المطري لمنطقة الدراسة لعام 2005 43
شكل 21:خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0-10) سم لمنطقة الدراسة لعام 2005 44
شكل 22:المتوسط الشهري للهطل المطري والرطوبة الأرضية للطبقة السطحية للبيكسلات المدروسة لعام 2005 44
شكل 23:خرائط الهطل المطري لمنطقة الدراسة لعام 2006 46
شكل 24:خرائط الرطوبة الارضية للطبقة السطحية (0-10) سم لمنطقة الدراسة لعام 2006 46

شكل 25:المتوسط الشهري للهطل المطري والرطوبة الأرضية للطبقة السطحية للبيكسلات المدروسة لعام 2006 47
شكل 26:خرائط الهطل المطري لمنطقة الدراسة لعام 2007 48
شكل 27:خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0–10) سم لمنطقة الدراسة لعام 2007 48
شكل 28:المتوسط الشهري للهطل المطري والرطوبة الأرضية للطبقة السطحية للبيكسلات المدروسة لعام 2007 49
شكل 29:خرائط الهطل المطري لمنطقة الدراسة لعام 2008 50
شكل 30:خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0–10) سم لمنطقة الدراسة لعام 2008 51
شكل 31:المتوسط الشهري للهطل المطري والرطوبة الأرضية للطبقة السطحية للبيكسلات المدروسة لعام 2008 51
شكل 32:خرائط الهطل المطري لمنطقة الدراسة لعام 2009 53
شكل 33:خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0–10) سم لمنطقة الدراسة لعام 2009 53
شكل 34:المتوسط الشهري للهطل المطري والرطوبة الأرضية للطبقة السطحية للبيكسلات المدروسة لعام 2009 54
شكل 35:خرائط الهطل المطري لمنطقة الدراسة لعام 2010 55
شكل 36:خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0–10) سم لمنطقة الدراسة لعام 2010 56
شكل 37:المتوسط الشهري للهطل المطري والرطوبة الأرضية للطبقة السطحية للنقاط المدروسة لعام 2010 56
شكل 38:كمية الرطوبة الأرضية لعمق (10–40) سم في نقاط (بيكسلات) منطقة الدراسة للسلسلة الزمنية 2005–2010 ... 58
شكل 39:خرائط الرطوبة الأرضية لعمق (10–40) سم لمنطقة الدراسة لعام 2005 60
شكل 40:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق (10–40) سم للنقاط المدروسة لعام 2005 60
شكل 41:خرائط الرطوبة الأرضية لعمق (10–40) سم لمنطقة الدراسة لعام 2006 62
شكل 42:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق (10–40) سم للنقاط المدروسة لعام 2006 62
شكل 43:خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 10–40 سم لمنطقة الدراسة لعام 2007 64
شكل 44:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق 10–40 سم للنقاط المدروسة لعام 2007 64
شكل 45:خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 10–40 سم لمنطقة الدراسة لعام 2008 66
شكل 46:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق 10–40 سم للنقاط المدروسة لعام 2008 66
شكل 47:خرائط الرطوبة الأرضية لعمق (10–40) سم لمنطقة الدراسة لعام 2009 68
شكل 48:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق 10–40 سم للنقاط المدروسة لعام 2009 68
شكل 49:خرائط الرطوبة الأرضية بعمق 10–40 سم لمنطقة الدراسة لعام 2010 70
شكل 50:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق 10–40 سم للنقاط المدروسة لعام 2010 70

شكل 51:كمية الرطوبة الأرضية لعمق (40-100) سم في نقاط (بيكسلات) منطقة الدراسة للسلسلة الزمنية 2005-2010 . 72
شكل 52:خرائط الرطوبة السطحية الأرضية لعمق 40-100سم لمنطقة الدراسة لعام 2005 74
شكل 53:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق 40-100سم للنقاط المدروسة لعام 2005 74
شكل 54:خرائط الرطوبة الأرضية لعمق (40-100) سم لمنطقة الدراسة لعام 2006 76
شكل 55:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق (40-100) سم للنقاط المدروسة لعام 2006 76
شكل 56:خرائط الرطوبة الأرضية لعمق (40-100) سم لمنطقة الدراسة لعام 2007 78
شكل 57:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق 40-100سم للنقاط المدروسة لعام 2007 78
شكل 58:خرائط الرطوبة الأرضية لعمق (40-100) سم لمنطقة الدراسة لعام 2008 80
شكل 59:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق (40-100) سم للنقاط المدروسة لعام 2008 80
شكل 60:خرائط الرطوبة الأرضية لعمق (40-100) سم لمنطقة الدراسة لعام 2009 82
شكل 61:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق 40-100سم للنقاط المدروسة لعام 2009 82
شكل 62:خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 40-100سم لمنطقة الدراسة لعام 2010 84
شكل 63:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق 40-100سم للنقاط المدروسة لعام 2010 85
شكل 64:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق (0-100) سم للنقاط المدروسة لعام 2005 86
شكل 65:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق (0-100) سم للنقاط المدروسة لعام 2006 87
شكل 66:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق (0-100) سم للنقاط المدروسة لعام 2007 88
شكل 67:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق (0-100) سم للنقاط المدروسة لعام 2008 90
شكل 68:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق (0-100) سم للنقاط المدروسة لعام 2009 91
شكل 69:متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق (0-100) سم للنقاط المدروسة لعام 2010 93
شكل 70:خرائط دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2005 94
شكل 71:خرائط دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2006 95
شكل 72:خرائط دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2007 96
شكل 73:خرائط دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2008 97
شكل 74:خرائط دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2009 98
شكل 75:خرائط دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2010 99
شكل 76:خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2005 101

شكل 77:متوسط كمية الهطل المطري ودليل SPI للنقاط المدروسة لعام 2005 101

شكل 78:خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2006 104

شكل 79:متوسط كمية الهطل المطري ودليل SPI للنقاط المدروسة لعام 2006 104

شكل 80:خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2007 106

شكل 81:متوسط كمية الهطل المطري ودليل SPI لمنطقة الدراسة لعام 2007 106

شكل 82:خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2008 108

شكل 83:متوسط كمية الهطل المطري ودليل SPI لمنطقة الدراسة لعام 2008 109

شكل 84:خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2009 111

شكل 85:متوسط كمية الهطل المطري ودليل SPI للنقاط المدروسة لعام 2009 111

شكل 86:خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2010 114

شكل 87:متوسط كمية الهطل المطري ودليل SPI للنقاط المدروسة لعام 2010 114

شكل 88خرائط دليل الهطل القياسي SPI على مستوى الموسم المطري 8- أشهر – SPI قبل التصنيف 115

شكل 89 خرائط SPI8 بعد التصنيف 116

فهرس الجداول List of Tables

جدول 1:عدد الصفوف وقيمها وتوصيفها الناتجة عن تصنيف الصور الفضائية المعبرة عن دليل SPI 34

جدول 2:تصنيف صفوف دليل SPI المعبرة عن حالة الجفاف 35

جدول 3:كمية الهطل المطري (مم/سا) في النقاط الأربعة عشر لسلسلة سنوات الدراسة 37

جدول 4:قيم الرطوبة الأرضية (كغ/م^2) على عمق (0–10) سم في النقاط المدروسة لكل سنة من سلسلة الدراسة 40

جدول 5:قيم الرطوبة الأرضية (كغ/م^2) على عمق (10–40) سم في النقاط المدروسة لكل سنة من سلسلة الدراسة 58

جدول 6:قيم الرطوبة الأرضية (كغ/م^2) على عمق (40–100) سم في النقاط المدروسة لكل سنة من سلسلة الدراسة 72

جدول 7:قيم معامل الارتباط بين الهطل المطري والرطوبة الأرضية ودليل SPI لكل شهر خلال سنوات الدراسة 122

جدول 8:قيم معامل الارتباط بين الهطل المطري والرطوبة الأرضية ودليل SPI على مستوى العام 126

جدول المصطلحات

الاختصار	المصطلح الأجنبي	المصطلح العربي
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة
GIS	Geographic Information System	نظام المعلومات الجغرافي
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
LPRM	Land Parameter Retrieval Model	نموذج استرجاع معلمة الأرض
SPI	Standard Precipitation Index	دليل الهطل المطري القياسي
SPI8	8 Months Standard Precipitation Index	دليل الهطل المطري القياسي ل 8 أشهر
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission	مهمة قياس هطل الأمطار الاستوائية
UNDP	United Nations Development Programme	برنامج الأمم المتحدة الإنمائي
WMO	World Meteorological Organization	المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

الملخص :

نفذت هذه الدراسة في منطقة الساحل السوري بهدف دراسة التوزع المكاني للجفاف باستخدام مؤشر الهطل المطري القياسي SPI (Standard Precipitation Index) و تقييم أثره على رطوبة التربة للأعماق (0-10) سم و (10-40) سم و (40-100) سم لفترة زمنية تبدأ من عام 2005 حتى 2010، واستخدم لهذا الغرض بيانات مشتقة من الصور الفضائية للهطل المطري من نوع Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) بمعدل صورة كل شهر لفترة الدراسة من بداية كانون الثاني لعام 2005 حتى كانون الأول لعام 2010 أي ما مجموعه 72 صورة، إضافة إلى استخدام الصور الفضائية لرطوبة التربة على الأعماق الثلاثة المذكورة سابقا بمعدل صورة كل شهر لفترة الدراسة وعلى مستوى الأعماق أي ما مجموعه 216 صورة بشكل متزامن مع البيانات الفضائية للهطل المطري، تم العمل على معالجة صور الهطل المطري و إنتاج خرائط دليل مؤشر الهطل المطري القياسي SPI ورطوبة التربة وإخراجها باستخدام برمجية Erdas Imagine and ArcGIS ، كما تم دراسة علاقة الارتباط بين الهطل المطري و الدليل SPI و بين الهطل المطري ورطوبة التربة و بين رطوبة التربة و الدليلSPI ، و أظهرت الخرائط المنتجة لهذه السلسلة الزمنية أكبر كمية للهطل المطري تركزت خلال أشهر كانون الثاني و شباط و تشرين الأول و تشرين الثاني و كانون الأول ، و أفضل الأعوام بالهطل المطري عام 2009 يليه 2006 ثم 2007 ثم 2005 و أسوأ الأعوام بالهطل المطري كان 2010 ثم 2008 في منطقة الدراسة كما أظهرت توافق كمية الرطوبة الأرضية على الأعماق المدروسة مع الهطل المطري مع ملاحظة ارتفاعها خلال شهري آذار و نيسان و يعود السبب لهطولات شهري كانون الثاني و شباط واحتفاظ التربة بالمياه ، و لوحظ أن عام 2010 كان أفضل الأعوام بالرطوبة الأرضية على عمق (40-100) سم رغم أنه سيء بالهطل المطري في منطقة الساحل السوري، و عند دراسة متوسط قيم دليل SPI لسنوات سلسلة الدراسة على مستوى كل شهر صنفت أعوام 2005 و 2006 و 2007 و 2008 وفقا لمتوسط قيم الدليل السالبة لأشهر الأعوام ضمن الصف الثاني وفق جدول صفوف الجفاف و هو الجفاف الخفيف أما عام 2010 بحدود الجفاف الخفيف و الجفاف المعتدل وعلى مستوى الموسم المطري تبين أن أعوام 2005 و 2007 و 2008 و 2010 جافة زراعيا، و بالتالي الدليل SPI فعال في تحديد التوزع المكاني و الزماني لأنواع الجفاف على مستوى الشهر لكل سنة من سلسلة الدراسة (جفاف مناخي) وعلى مستوى الموسم المطري (8 أشهر – جفاف زراعي)، وقد أشارت دراسة علاقات الارتباط بين الهطل المطري ورطوبة التربة و

الدليل SPI أن التأثير المباشر هو للأمطار على الرطوبة الأرضية و على الدليل SPI ولا يوجد علاقة بين الرطوبة الأرضية و الدليل SPI بشكل مباشر و إنما علاقة الارتباط بينهما تأتي من خلال تأثير الأمطار .

الكلمات المفتاحية : الجفاف ، الاستشعار عن بعد ، الساحل السوري ، دليل الهطل المطري القياسي SPI ، رطوبة التربة .

المقدمة و مبررات البحث و أهدافه :

المقدمة :

بدأ تأثير ظاهرة الجفاف واضحاً بشكل كبير على مستوى الحياة على الكرة الأرضية في العقود الأخيرة بسبب النشاطات البشرية و التغيرات المناخية التي تعاني منها الأرض نتيجة ظاهرة الاحتباس الحراري، و الذي يشكل خطراً كبيراً لأجزاء كبيرة من الأرض مسبباً مخاطر المجاعة التي تعاني منها دول عديدة في العالم وخصوصاً في قارتي آسيا و إفريقيا .

وتعد ظاهرة الجفاف إحدى التحديات الأساسية التي تواجه البيئات المختلفة في المناطق المتوسطية القاحلة و شبه القاحلة المعرضة لإجهاد مناخي مستمر نتيجة لوجود فصل جاف طويل، لما تسببه من تغير في مساحة الأراضي الزراعية و تضرر المحاصيل الزراعية ولا سيما البعلية و خروج هذه الأراضي من الزراعة مع تتالي سنوات الجفاف، و قلة الهاطل المطري، وسوء توزع الأمطار و تأثيرها على رطوبة التربة، و تحولها إلى أراض غير مزروعة و تراجع في مساحة الغطاء النباتي الأمر الذي تطلب دراسة هذه الظاهرة .

الجفاف ليس خطرا جديدا يتهدد الحياة و الإنسان، بل هو ظاهرة شائعة و قديمة قد تحدث في مناخات مختلفة غالبا ما تكون مرتبطة بموجات متكررة من ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض معدلات الرطوبة الأرضية لعدة سنوات حيث أن موجات الجفاف تصيب في كثير من الأحيان أو من حين إلى آخر مناطق من الأرض تسبب الضرر لفترات وبدرجات متفاوتة الشدة ، ومن الأمثلة لموجات الجفاف خلال الثلاثمائة سنة الماضية موجات الجفاف الكبرى التي وقعت في الولايات المتحدة في سنة 1726 واستمرت لثلاث وعشرين سنة ، والجفاف الذي حدث فيما بعد سنة 1930 واستمر لعشر سنوات ، وموجات الجفاف المدمرة التي حدثت في مناطق الساحل في إفريقيا بين 1968 و 1973 و في سنوات الثمانينات.

عانى أيضا إقليم الشرق الأدنى من الجفاف حيث يعتبر جاف أو شبه جاف، و تتألف منطقة الشرق الأدنى من 29 بلداً تمتد من المحيط الأطلسي (موريتانيا و المغرب) إلى باكستان و قرغيزستان في وسط آسيا حيث تحتل المنطقة رقعة من الأرض تبلغ مساحتها 5.18 مليون كم^2 (14% من مساحة العالم)، و يبلغ متوسط هطل الأمطار 205 مم ، و يعد شح المياه أخطر تحد يواجه الزراعة في كل بلدان الإقليم تقريبا حيث أنه في السنوات العشرين الماضية تعرض كثير من بلدان الإقليم لفترات طويلة من الجفاف .

عانى المغرب من الجفاف في فترتي 1980-1985 و 1990- 1995 ، بينما أصاب الجفاف تونس و قبرص في 1982- 1983 ثم أصابهما مرة أخرى في الفترة 1993- 1995 ، وعانى الإقليم معاناة شديدة من

تكرار موجات الجفاف التي كان لها تأثير بدرجات مختلفة من بلد إلى آخر ، غير أن الجفاف الذي استمر لثلاث سنوات متعاقبة (1998– 2000) كان أبرزها .

و يجتذب تكرار الجفاف الواسع النطاق الانتباه نظرا لأنه يقضي عادة على عدد متزايد من البشر و الحيوانات الزراعية نتيجة لنقص المياه و الغذاء للإنسان و العلف للحيوانات، و كانت أشد البلاد تأثرا به الأردن و أفغانستان و باكستان و جمهورية إيران الإسلامية و السودان و سوريا و العراق و المغرب .

و كغيرها من الدول التي تقع في منطقة المتوسط عانت سوريا في الآونة الأخيرة من موجات جفاف كان الهطل المطري فيها قليل حيث تراجعت معدلات الهطل وارتفعت فيها درجات الحرارة بشكل ملحوظ .

يمكن اعتبار سوريا واحدة من أكثر البلدان المتضررة اقتصادياً من جراء الجفاف حيث إنّ تغيرات المناخ التي حدثت في سوريا أدت إلى تكرار ظاهرة الجفاف وذلك بسبب النقص الكبير في الماء، مما أدى إلى آثار اجتماعية وخسائر اقتصادية سلبية خاصة في السنوات من (2000 – 2010) نتيجة زيادة عدد السكان مما أدى إلى الطلب المتزايد على المياه والموارد الطبيعية الأخرى في سوريا .

تفيد تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، ومنظمة الأغذية والزراعة (FAO) ، وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP) عام 2010 ، والعديد من المراجع إلى أن التغير المناخي أثّر على سوريا من حيث :

- ارتفاع درجة الحرارة .
- التبدلات في أنظمة الهطل المطرية (معدل الهطل المطري مع اضطراب في توزعها وشدتها) .
- وقوع كوارث مناخية متكررة وشديدة الضرر .
- تأثّر المناطق الجافة بشدة وخاصة منها البؤر الحساسة أو الهشة و الآثار المدمرة التي ستتعرض لها.

يمثل هطل الأمطار (68.5)% من مصادر المياه المتاحة في سوريا، وقد قدر العجز في المياه المتاحة بسبب الجفاف خلال السنوات (1995– 2005) حوالي (615) مليون متر مكعب و آخذة في الازدياد وهذا بدوره أثّر بشكل سلبي على مناطق الزراعة البعلية وبالتالي على الغطاء النباتي ، بالتالي تقلب هطل الأمطار أثر على موسم النمو 2009– 2010 .

ويُعد النقص في المعلومات المتعلقة بالرصد الآني لظاهرة الجفاف، إضافة إلى الانقطاع في البيانات، المشكلة الأساسية التي تواجه متخذي القرار، فهي ناجمة عن أسباب تراكمية تصعب مراقبتها الآنية أرضياً ولا تلاحظ بالعين في بداياتها، وبالتالي كان لابد لإدارة الجفاف من استخدام مؤشرات تمكّن من مراقبته وتحليله وصولاً إلى اتخاذ القرارات المناسبة التي تسهم في التخفيف من حدته و محاولة التنبؤ به، فكانت التقنيات الحديثة كالاستشعار عن بعد، هي الحل الأمثل لمراقبة ظاهرة الجفاف وتحديد أثرها في رطوبة التربة، لما تتميز به من شمولية وتوفير للتكلفة والجهد مقارنة مع الطرائق التقليدية.

وعرفت الاتفاقية الدولية لمكافحة التصحر (UNCCD) (1994) الجفاف بأنه الظاهرة التي تحدث طبيعياً عندما ينخفض الهطل المطري انخفاضاً ملحوظاً فيصبح دون المستويات الطبيعية المسجلة، مما يسبب اختلالاً هيدرولوجياً خطيراً يؤثر سلباً في نظم الإنتاج لموارد الأراضي.

توجد عدة مؤشرات (دلائل) لتحليل الأمطار في العالم يتم استخدامها حسب المناطق حيث أن بعضها قد يستخدم في منطقة معينة ولا يستخدم في أخرى ، والبعض الآخر من هذه الدلائل عام يمكن أن يطبق في أي موقع من العالم ، حيث تم تطوير نموذج افتراضي لتحليل الجفاف من قبل العالم (Sen) لاستخدامه في تحليل فترات الجفاف للأغراض الزراعية ، ووضع العالم (Mckee *et al.*, 1993) تقنية لتحليل الجفاف سميت دليل المطر القياسي (Standard Precipitation Index) ورمز لها بالرمز (SPI) .

مبررات البحث :

– تعرضت سورية لموجات جفاف متكررة بسبب التغيرات المناخية حيث شهدت حديثا أسوأ موجة جفاف اعتبارا من العام 2007 لم تشهدها البلاد منذ العام 1902 (Hoerling *et al.*, 2012)، حيث بلغ الجفاف ذروته في شتاء 2007 – 2008 (مثبوت، 2010)، فقد تراجعت معدلات الهطل المطري و تناقصت الموارد المائية وارتفعت درجات الحرارة بشكل ملحوظ .

– وبسبب الآثار السلبية لموجات الجفاف على المناطق التي تتعرض لها وخصوصا تأثيرها السلبي على اقتصاديات الدول التي تعتمد على الإنتاج الزراعي كان لا بد أن تولى أهمية خاصة لدراسات الجفاف (Tsakiris and Tigkas, 2007; Parry *et al.*, 2004)، و من الآثار السلبية لموجات الجفاف على سوريا تأثر أكثر من 800 ألف شخص بالجفاف و فقدان مصادر دخلهم، مما أدى إلى هجرة ما بين 40 و 60 ألف أسرة من أراضيها إلى ضواحي المدن الكبرى مثل دمشق و حلب (هجرة داخلية) بعد أن فقدوا مصادر أرزاقهم .

- التنبؤ بالجفاف و الإنذار المبكر عنه للمساهمة في التخفيف من آثاره، و ذلك من خلال استخدام مؤشرات تمكن من مراقبته و تحليله لاتخاذ القرارات المناسبة التي تساهم في التخفيف من حدته (Matera *et al.*, 2007) من خلال استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد و دعمها لما تتميز به من شمولية في دراسة الظواهر الطبيعية و إمكانية مراقبة مساحات كبيرة، إضافة إلى عامل المرونة الزمنية من حيث التكرارية العالية للحصول على المعطيات اللازمة و التوفير في النفقات مقارنة مع الطرق التقليدية ، حيث توفر الصور الفضائية تغطية كاملة و شاملة ودائمة و تتميز بإمكانية مراقبة الأماكن التي يصعب الوصول إليها .
- عدم وجود دراسات عن الجفاف خاصة بمنطقة الساحل في الجمهورية العربية السورية، حيث أن جميع الدراسات عن الجفاف تكون شاملة لجميع أراضي القطر أو لجزء منه دون تخصيص الساحل السوري بدراسة خاصة على الرغم من تراجع الهطل المطري و المعدل عن المعتاد في أشهر معينة في الساحل كانت تهطل فيها الأمطار بغزارة، إضافة إلى سوء توزع الهطل حيث أن دراسة الجفاف في هذا البحث تعتمد على مؤشر الهطل المطري (SPI)، الذي يعتمد على كمية و معدل الهطل ودراسة تأثيرها على رطوبة التربة في الساحل على أعماق (10 و 40 و 100) سم .

- السياسة العليا في الجمهورية العربية السورية في التخفيف من آثار الجفاف بإنشاء وحدة الإنذار المبكر عن الجفاف ضمن مديرية صندوق التخفيف من آثار الجفاف و الكوارث الطبيعية على الإنتاج الزراعي حيث يصدر عنها نشرة مراقبة حالة الجفاف شهريا .

أهداف البحث :

يهدف البحث إلى :

- تعيين قرينة الجفاف في منطقة الدراسة (الساحل السوري) .
- انشاء خارطة غرضية لتوزيع قيم هذا المعامل لتحديد المناطق الأكثر تضررا .
- الربط بين هذا المؤشر ورطوبة التربة في منطقة الدراسة مع انشاء خارطة للتوزع المكاني لتعيين أثر الجفاف على القطاع الزراعي .

الفصل الأول :

الدراسة المرجعية

1- الدراسة المرجعية :

1-1 مفهوم الجفاف و تعريفه :

يعتبر الجفاف حدث هيدرولوجي متطرف ذو تأثير سلبي في نمط الحياة و النشاطات البشرية على الأرض، حيث يعد من أخطر الظواهر المناخية خاصة في المناطق الجافة و شبه الجافة، و قد تعددت الدراسات لفهمه و التخفيف من آثاره السلبية (Kagon, 1997; Wilhite and Glantz, 1985)، حيث أنه يعد من أخطر الكوارث الطبيعية، و تمثل مؤشرات الجفاف أداة موثوقة لرصده ودراسته على القطاعات المختلفة مثل غلة المحاصيل (Willhite and Glantz, 1985) .

اختلفت تعريفات الجفاف من منطقة لأخرى و من دراسة لأخرى مما شكل أحد المعوقات الأساسية لدراسة الجفاف (Yevjevich, 1967)، و اختلفت القطاعات المتأثرة به تبعا للاحتياجات المكانية و الزمنية للماء (Passioura, 2006; Wilhite and Glantz, 1985; Palmer, 1965) .

قامت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية بوضع تعريفين للجفاف ، الأول عرفته بأنه تخلف المطر عن الهطل أو سوء توزعه لفترة طويلة ، والتعريف الثاني أن الجفاف هو عبارة عن الفترة التي يسودها طقس جاف بدرجة غير عادية و طويلة بما يكفي لكي يتسبب نقص الأمطار في اختلال هيدرولوجي خطير (WMO, 1992) .

تم تحديث تعريف الجفاف من قبل المنظمة العالمية للأرصاد الجوية نتيجة الدراسات والمراقبة المستمرة لهذه الظاهرة بأنه "الظاهرة التي تقل فيها نسبة هطل الأمطار عن 75% من معدل الهطل المعتاد ضمن فترات زمنية مختلفة تحدد حسب الموقع و حسب احتياجات المستخدم و التطبيق " (WMO, 2006) .

يعتبر الجفاف ظاهرة مناخية يمكن أن يسود في مساحات واسعة و يستمر من عدة أشهر إلى عدة سنوات أو عقود ذو تأثير طويل الأمد و واسع الانتشار (Simmers, 2005) ، و هو يحدث في جميع المناطق المناخية التي تعاني من انحباس في الأمطار أو يكون فيها الهطل المطري دون المعدل أو حدوث سوء في توزع الهطل مما يؤدي إلى حدوث عجز مائي مؤقت و قلة توفر في مصادر المياه

(Le Houerou, 2006; Pereira *et al.*, 2002; Yevjevich *et al.*, 1983) ، أما بالنسبة لمنظمة الأغذية و الزراعة للأمم المتحدة (FAO, 1983)، ونتيجة للدراسات التي قامت بها في مناطق مختلفة من

العالم عن الجفاف و التغير المناخي وآثاره السلبية على الزراعة والاقتصاد و السكان فقد عرفت الجفاف بأنه " السنوات التي تتراجع فيها إنتاجية المحاصيل نتيجة انخفاض رطوبة التربة " .

بينت الدراسات أن ظواهر الجفاف تختلف عن بعضها البعض من حيث الشدة و الاستمرارية Duration و الامتداد المكاني Spatial Extension (Tsakiris, 2007; Rossi *et al.*, 1992) ، وأن خطر الجفاف في أي منطقة لا يتحدد وفقا لهذه الأبعاد فقط بل تبعا لحساسية النظم البيئية و الاجتماعية لهذه الظاهرة (Pereira *et al.*, 2002) .

1-2 أنواع الجفاف (أنماط الجفاف) :

لتسهيل دراسة الجفاف تم تقسيمه إلى أنماط مختلفة سميت بطرائق دراسة الجفاف و فقا للمسبب أو الجانب الذي يؤثر عليه الجفاف مما سهل فهم هذه الظاهرة، فقد قامت الجمعية الأمريكية للأرصاد الجوية بنشر هذه الأنماط بعد أن قام (Wilhite and Glantz, 1985) بتعديل هذه الأنماط التي قام (Dracup *et al.*, 1980) بوضعها وهي :

- الجفاف المناخي (Meteorological Drought) و هو انخفاض ملحوظ في كمية الأمطار عن معدلها خلال فترة معينة وعادة ما يحدث بشكل طارئ في المناطق المجاورة للصحراء و بشكل دائم فوق الصحارى الجافة التي تبقى فيها كميات الهطل المطري دون المتوسط أو تنعدم تماما، وقد لوحظ أن هذا النمط من الجفاف يمكن أن يتطور إلى جفاف زراعي أو هيدرولوجي

(Smakhtin and Hughes, 2007; Mckee *et al.,* 1993)، حيث تتم دراسته عن طريق استخدام درجة الحرارة و هطل الأمطار وذلك عن طريق حساب متوسط (30) عاما من سجلات درجة الحرارة و هطل الأمطار و يمكن الحصول على هذه المعلومات من الخرائط المناخية .

- الجفاف الهيدرولوجي (Hydrological Drought) وهو ينتج عن الجفاف المناخي و يتصف بأنه بطيء الحدوث بسبب الوقت الطويل لظهور آثار نقص الهطل المطري على مكونات النظام الهيدرولوجي لذلك لا تعد القياسات الهيدرولوجية مؤشرا مبكرا للجفاف (Vicente-Serrano and Lopez- Moreno, 2005) .
- الجفاف الزراعي (Agricultural Drought) وهو عبارة عن تدني إنتاجية المزروعات نتيجة انخفاض رطوبة التربة بشكل حاد و كمية الماء المتاح للنبات (Yurekli and Kurunc, 2006)،

و تختلف تأثيرات الجفاف الزراعي تبعا لموعد حدوثه و توافقه مع الفترات الحرجة لنقص ماء النبات و انخفاض رطوبة التربة (Passioura, 2006) .

- أما الجفاف الاقتصادي (Economical Drought) هذا النمط من الجفاف هو نتيجة للأنماط السابقة من الجفاف التي تسبب خسائر مادية ومشاكل اقتصادية و اجتماعية أدت إلى هجرة السكان (هجرة داخلية) و التي كانت من أهم نتائج هذا النمط من الجفاف (Heim, 2002;Dai,2011).

تحدث أنماط الجفاف هذه إما بشكل منفصل أو متزامن لكنها تختلف من حيث شدتها و استمراريتها و امتدادها المكاني (Wilhite, 2007; Zhou and Wang, 2003; Rossi *et al* ., 1992) .

1-3 مراقبة الجفاف :

مراقبة الجفاف هي عملية المتابعة لتأثير تغيرات العوامل المناخية (الأمطار و الرطوبة و الحرارة ..) على سطح الأرض .

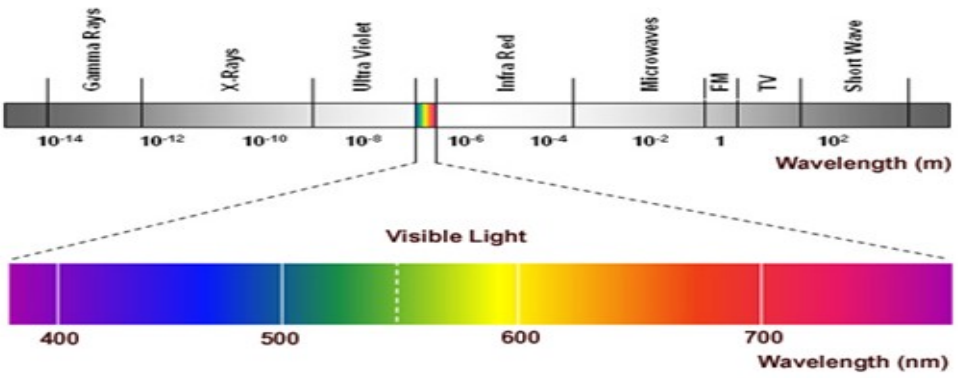
فقد كان لا بد من مراقبة ظاهرة الجفاف و دراستها و محاولة التنبؤ و الانذار المبكر ووضع أنظمة مراقبة متطورة (Hayes *et al*., 2011; Lobell and Field, 2007; Downing and Baker, 2000) نتيجة للتأثيرات السلبية لهذه الظاهرة و الأضرار الفادحة التي تلحقها بإنتاجية المحاصيل الزراعية و المراعي الطبيعية و الموارد المائية و تأثيرها على الوضع الاقتصادي و الاجتماعي و خصوصا في البلدان النامية.

و تتم مراقبة الجفاف باستخدام مؤشرات الجفاف التي تساهم في الكشف و مراقبة حوادث الجفاف حيث تم رصد أكثر من 80 مؤشرا للجفاف تعتمد على بيانات الأرصاد الجوية ، والهيدرولوجيا ، و الاستشعار عن بعد (Niemeyr, 2008) .

1-4 الاستشعار عن بعد :

1-4-1 مفهوم الاستشعار عن بعد :

الاستشعار عن بعد هو العلم الذي يمكن من التعرف على الأهداف والظواهر بشكل غير مباشر ودون أي تماس فيزيائي معها، ويتم ذلك باستخدام خواص موجات الطيف الكهرومغناطيسي (الشكل 1) المنعكسة أو المنبعثة عن الأهداف الأرضية أو الجوية أو من البحار والمحيطات للتعرف عليها، وذلك من خلال أجهزة لالتقاط هذه الموجات بواسطة الأقمار الصناعية (مستشعرات)، ويتم تحويل الإشعاع الوارد إلى إشارة كهربائية وتسجيلها بصيغة رقمية، ومن ثم نقل المعلومات التي يتم الحصول عليها من هذه النظم عبر قنوات الاتصال الفضائية إلى نقاط استقبال أرضية لتسجل على أشرطة فيديو مغناطيسية رقمية مما يمكن من إعادة تشكيلها في صور متعددة الأطياف (مرئيات، Image)، تطبق عليها طرق المعالجة البصرية، أو تتم معالجتها رقميا باستخدام الحاسوب (Gao, 2009).

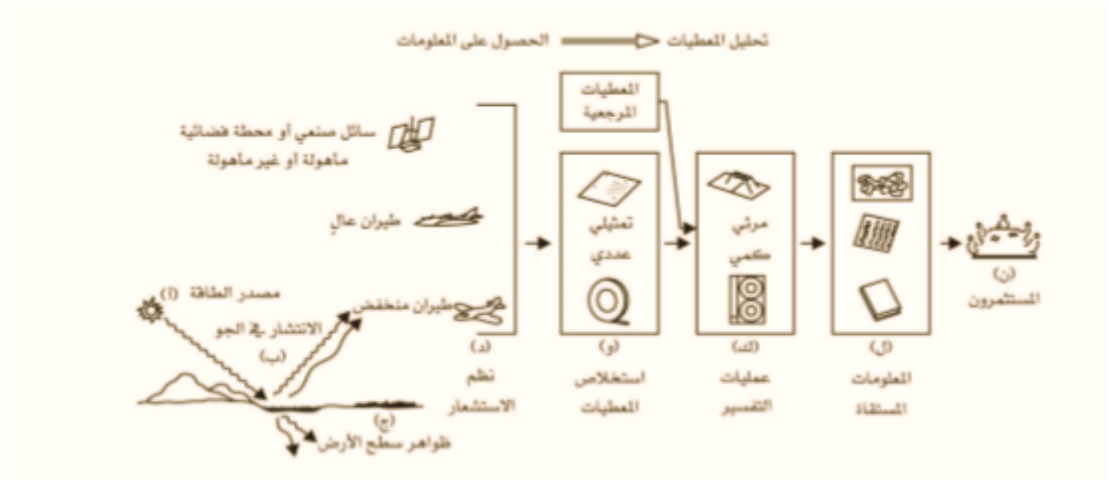


الشكل (1) الطيف الكهرومغناطيسي

1-4-2 مراحل الاستشعار عن بعد :

تعتمد العملية الاستشعارية بشكل أساسي على التفاعل الحاصل بين الأشعة الساقطة (أشعة الشمس أو أية أشعة أخرى) و الأهداف المدروسة .

حيث أن مراحل الاستشعار هما مرحلتين أساسيتين مرحلة جمع المعلومات (المعطيات) و مرحلة التحليل (الشكل 2) (Lilles and Kiefer, 1994) .



الشكل (2) مراحل الاستشعار عن بعد (Lilles and Kiefer, 1994)

- **مرحلة جمع المعلومات (الحصول على المعطيات)**

في هذه المرحلة نحتاج إلى مصادر الطاقة حيث تنتشر الطاقة و الأشعة عبر الغلاف الجوي و تتفاعل مع الأهداف ثم تنعكس الطاقة من جديد عبر الغلاف الجوي لتستقبلها المستشعرات المحمولة على الطائرات أو الأقمار صناعية .....الخ .

ومن ثم تسجيل ما تنتجه معطيات المستشعر على شكل رسومي (Pictorial) أو على شكل عددي (Numerical) في محطات استقبال أرضية أو جوية، حيث يتم جمع المعطيات على شكل خرائط أو جداول أو ملفات حاسوبية و إعداد التقارير لأصحاب القرار (Lilles and Kiefer, 1994) .

- **مرحلة التحليل**

هي عبارة عن تفسير المعطيات بصريا للمعطيات الرسومية و تفسيرها باستخدام الحاسوب و برامج خاصة للمعطيات الرقمية .

1-5 دراسة الجفاف باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد :

اتجهت الدراسات مؤخرا لاستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في العديد من المجالات فقد قامت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية بتطوير بعض المنتجات المرئية للتوابع الصنعية في الولايات المتحدة و الاستفادة من البيانات الأرضية و بيانات الاستشعار عن بعد حيث أن البيانات الأرضية تساهم في تدقيق بيانات الاستشعار و تكون الخرائط الناتجة عالية الدقة (WMO, 2012) .

حيث مكنتنا تقنيات الاستشعار عن بعد من الحصول على معلومات من مناطق يصعب الوصول إليها و هذا سهّل كثيرا مراقبة تغيرات الأهداف و الظواهر(Smith, 2012; FAO, 2011) ومن ناحية أخرى على الرغم من إمكانية معالجة وتفسير معطيات تقنيات الاستشعار عن بعد دون الحاجة إلى معلومات أخرى يتم الحصول على نتائج أفضل عن طريق ربط قياسات تقنيات الاستشعار عن بعد مع القياسات الأرضية (Schowengerdt, 2007) .

و قد تم وضع عدة تطبيقات للاستشعار عن بعد خاصة بمجال المناخ و الزراعة و المياه تمكن من مراقبة الهطل المطري و رطوبة التربة و النبت و تغيراته عبر الزمن

(Atzberger, 2013; Rouse *et al.*, 1974)، تعتمد هذه التطبيقات على نماذج خاصة في الاستشعار عن بعد تقوم على دمج بيانات عدة مستشعرات ودراسة أكثر من هدف أو ظاهرة مما يفيد في مراقبة و تقييم و إدارة الكوارث و الأضرار و منظومات الإنذار المبكر و الامتداد المكاني و الزماني للكارثة و مدى الاستجابة من الجهات المعنية (Nayak and Zlatanova, 2008).

و في الآونة الأخيرة تم التأكيد على فعالية تقنيات الاستشعار عن بعد بما يتعلق بالجفاف من حيث مراقبته والتنبؤ به و تقديره أثناء و قبل و بعد حوادث الجفاف ، يمكن أن يكتشف الجفاف أبكر بحوالي (4 إلى 6) أسابيع من حدوثه (Kogan, 1990) ، ويمكن تشخيص تأثيراته من خلال تغيرات الهطل المطري و توزعه وشدته و تغيرات رطوبة التربة .

وتم دراسة و مراقبة الجفاف في سوريا باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد للسلسلة الزمنية 2001 حتى 2015 باستخدام الأدلة الاستشعارية (NDVI و LST و VHI و VCI و TCI و SPI) و إنتاج خرائط لهذه الأدلة عبرت عن حالة الجفاف و توزعه المكاني و الجغرافي و شدته.

1-5-1 دراسة الهطل المطري باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد :

يعتبر هطل الأمطار معلمة صعبة التقييم لتقلباته المكانية والزمنية العالية (Barrett and Martin, 1981)، وعادة ما يحدث الهطل خلال فترة قصيرة جدا من الوقت على مكان محدد (Theon, 1992)، ومما يزيد من تعقيد مشكلة القياس أن هطل الأمطار يمكن أن يختلف حسب الشدة مكانيا وزمنياً على مسافات لا تزيد عن عشرات الأمتار وفي غضون دقائق، حيث خلص(Rasmusson and Arkin, 1992) إلى أن الرصد العالمي المستمر لهذا المتغير يمثل مهمة صعبة و مكنتنا التطورات الحديثة في مجال الاستشعار عن بعد من رصد بيانات غير مسبوقة لهطل الأمطار مما يمثل مساهمة كبيرة في رسم خرائط لهطل الأمطار العالمي تستمد التفاصيل الكمية لهطل الأمطار من مستشعرات تعتمد على الأشعة في مجال الميكروويف والرادار وتحت الحمراء بالأقمار الصناعية .

أدت مهمة قياس هطل الأمطار الاستوائية (TRMM) التي بدأت في عام 1997 بواسطة وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) ووكالة الفضاء اليابانية (جاكسا) إلى تحسينات كبيرة في منتجات صور الأمطار العالمية والذي تبعهم إطلاق مرصد GPM Imerg (Global Precipitation Measurement) مع نظام رادار في ربيع عام 2014 والتي توفر منتجات صور للأمطار على مستوى العالم بدقات عالية لاستخدامها في البحوث والتطبيقات ذات الصلة.

لا تكمن التحديات التي تواجه تحسين منتجات التساقط فقط في تطوير خوارزميات أحدث لتسجيل الهطل وإنما استيعابها في تطبيقات مختلفة حيث أصبحت هذه التقنيات لتقدير هطل الأمطار من الطرق الرائدة لقياسات الهطل ومراقبته على مساحة الأرض.

1-5-2 دراسة رطوبة التربة الأرضية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد :

يمكن تحديد قيمة المحتوى المائي للتربة عن طريق القياسات الحقلية و النماذج التنبؤية و الاستشعار عن بعد (Walker, 1999) .

بالرغم من أن محتوى التربة من الماء يشكل طبقة ضئيلة جدا بالمقارنة مع المقدار الإجمالي للماء في العالم و لكنها مهمة جدا في العديد من عمليات الهيدرولوجيا و الكيمياء و الأحياء و هو متغير مهم يستخدم في العديد من التطبيقات لذلك هناك أهمية كبيرة لرصده بدقة و تقدير الاختلافات المكانية و الزمنية لرطوبة التربة

(Lingli and John, 2009) .

يتم التحكم في توزيع المياه في التربة عن طريق الهطل المطري و التبخر و تربطه علاقة واضحة بدرجة حرارة الهواء و بالرطوبة و يمكن أن يلعب الغطاء النباتي دورا في الجفاف بسبب عملية التبخر و النتح النباتي (Reynolds *et al.*, 2000) ، و تؤدي شدة هطل الأمطار و تكرارها دورا هاما في تحديد حركة المياه في التربة من خلال كمية رشح المياه وتوقيتها (Lee *et al.*, 2007)، و تغير من تجانس التربة و ملمسها و مساميتها و محتواها المائي (Beven and Germann, 1982) .

قام Kerr *et al.*, (2010) بتعريف رطوبة التربة السطحية بأنها كمية المياه الموجودة في ال 10 سم العلوي من التربة.

وأشار كل من Tallaksen and Vanlanen, (2004) و Tallaksen *et al.*, (1997) و

Mckee *et al.*, (1995) أن تدفق الجداول المائية والأنهار ومستوى الماء السطحي والجوفي يعكس التذبذبات طويلة الأمد في الهطل المطري، أما رطوبة التربة فهي تعتمد على تذبذبات الأمطار خلال فترة قصيرة نسبيا. وتأتي أهمية دراسة رطوبة التربة من أهميتها للعمليات الهيدرولوجية والبيولوجية والكيميائية للتربة (Albergel *et al.*, 2012).

تسعى العديد من الحكومات للحصول على معلومات وبيانات عن رطوبة التربة لدراسة المناخ و الجريانات السطحية وانجراف التربة وخصائص ومحتوى المياه السطحية وأحداث العواصف الممطرة (Kerr *et al.*, 2010)، تعتبر قياسات الرطوبة السطحية للتربة صعبة وذلك بسبب أن التقنيات المتاحة محدودة بالبيئة وعوامل أخرى (Finkl, 2008) ، ولذلك يعتبر استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في قياس رطوبة التربة مهم بسبب تغطيته المكانية والزمانية المستمرة.

بدأت الأبحاث في مجال الاستشعار عن رطوبة التربة في منتصف سبعينيات القرن العشرين وقد أثبتت الأبحاث أن القياسات الكمية لرطوبة التربة في الطبقة السطحية هي الأكثر نجاحا باستخدام الاستشعار عن بعد.

قام Maurya and Rao (2014) بتقدير رطوبة التربة لسلسلة زمنية من بيانات فضائية مختلفة من عام 1987 حتى عام 2012 باستخدام نموذج Land Parameter Retrieval Model (LPRM) بمقابلة بيانات هطل الأمطار لموقعين (وسط الهند والغانج) حيث أنه بالنسبة لكلا الموقعين تظهر ظروف رطوبة التربة توافق جيد للغاية من حيث الاستجابة لهطل الأمطار.

في دراسة قام بها Maurya *et al.*, (2015) لدراسة العلاقة بين هطل الأمطار ورطوبة التربة بعد العاصفة نتيجة الإعصار الشديد الذي ضرب شرق الهند في أكتوبر 2013، والذي أدى لهطل غزير جدًا وقد تم استخدام نموذج استرداد عوامل الأرض Land Parameter Retrieval Model (LPRM) لاستعادة رطوبة التربة على فترات زمنية كل 12 ساعة للفترة من 10 إلى 16 أكتوبر 2013 ، وقد كشفت الدراسة عن وجود ارتباط جيد بين تباين هطل الأمطار (السبب) ورطوبة التربة السطحية (الاستجابة) مع معامل الارتباط أكبر من 0.6. قام Jackson and Hsu (2001) بمقارنة بيانات الأقمار الصناعية المطرية التي تم جمعها بواسطة Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) microwave imager (TMI) و special sensor microwave/imager (SSM/I) بملاحظات رطوبة التربة كجزء من تجربة السهول الكبرى الجنوبية SGP في الولايات المتحدة 1999، لمعالجة الثغرات الكبيرة في قاعدة البيانات الاستشعارية عن رطوبة التربة، وقد تم جمع البيانات عبر الأقمار الصناعية والطائرات والأرض بين 8 يوليو 1999 و20 يوليو 1999، كشفت دراسات المقارنة أن بيانات TMI GHz توفر معلومات جديدة عن التحسينات المحتملة التي يمكن أن توفرها لتقدير رطوبة التربة.

في محاولة من قبل Bindlisha *et al.*, (2003) لتقدير رطوبة التربة اليومية من الفضاء على مدار فترة زمنية طويلة من خلال البيانات المطرية المستمدة من Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) microwave imager (TMI)، تمت مقارنة تقديرات رطوبة التربة بالقياسات الأرضية في السهول العظمى الجنوبية للولايات المتحدة (SGP) في أوكلاهوما وتل ريفر، جورجيا خلال كلتا التجربتين، فكانت رطوبة التربة المقدرة متوافقة بشكل جيد مع التقديرات الأرضية لهذه التجارب (خطأ معياري قدره 2.5٪)، وأن تحليل رطوبة التربة المقدرة من بيانات الاستشعار المطرية TRMM/TMI خلال الفترة من 6 إلى 22 يوليو على جنوب الولايات المتحدة يتفق مع ظروف الأرصاد الجوية المرصودة. أظهرت العديد من دراسات نمذجة المناخ العالمية والإقليمية أهمية حالة مياه التربة الأولية في عمليات محاكاة توزيع الأمطار الإقليمية. ومع ذلك، لم يتم اختبار أي من دراسات النمذجة هذه مقابل البيانات الملاحظة المباشرة. اختبر Eltahir and Findell (1997) الفرضية القائلة أن تشبع التربة مرتبط إيجابياً بالهطل اللاحق من خلال تحليل بيانات رطوبة التربة لمدة 14 عامًا من ولاية إلينوي حيث كانت العلاقة الخطية بين حالة تشبع التربة الأولية وهطل الأمطار اللاحق كبيرة خلال أشهر الصيف، حيث بلغت ذروتها $r^2 > 0.4$ في منتصف يونيو و تتفق هذه النتيجة مع الفرضية القائلة بأن معرفة ظروف رطوبة التربة في أواخر الربيع / أوائل الصيف يمكن أن تساعد في التنبؤ بسنوات الجفاف أو الفيضانات. قام Dorigo *et al.*, (2011) بتكوين الشبكة العالمية لرطوبة التربة International

Soil Moisture Network ISMN على الشبكة العنكبوتية لتكون بمثابة مرفق مركزي لاستضافة البيانات والقياسات في المواقع المتاحة عالميًا عن رطوبة التربة بعد التحقق من صحتها وتنسيقها ليتم إتاحتها للمستخدمين حيث يتم تحويل بيانات رطوبة التربة الواردة تلقائيًا إلى وحدات رطوبة حجمية شائعة والتحقق من القيم المتطرفة والقيم غير المعقولة، كما يتم تخزين البيانات الوصفية الهامة والمتغيرات الجوية (مثل هطل الأمطار ودرجة حرارة التربة) في قاعدة البيانات التي ستساعد المستخدم في تفسير بيانات رطوبة التربة بشكل صحيح و يتم الاستعلام عن قاعدة البيانات من خلال واجهة مستخدم رسومية بينما يتم توفير إخراج البيانات المحددة للتنزيل وفقًا للمعايير الشائعة للبيانات والبيانات الوصفية التي ستصبح مورداً متزايد الأهمية للتحقق من منتجات رطوبة التربة المشتقة من الأقمار الصناعية وتحسينها ودراسة الاتجاهات المتعلقة بالمناخ. تعتبر منتجات رطوبة التربة التي توفرها بيانات الاستشعار عن بُعد على النطاق القاري ذات أهمية كبيرة لنمذجة سطح الأرض والتنبؤ بالطقس ولكن كان من الضروري التحقق منها، وهذا ما قام به Gruhier *et al.*, (2008) بتقييم منتجات رطوبة التربة المستمدة من بيانات الاستشعار عن بعد من خلال تنفيذ تجربتين في الجنوب الغربي لفرنسا، وأشارت نتائجهم أن منتج AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer – Earth Observing System) على الرغم من أنه غير قادر على تسجيل الرطوبة الأرضية المطلقة إلا أنه يوفر معلومات موثوقة حول تباينات رطوبة التربة السطحية، على نطاق موسمي ومناسب للأحداث الممطرة.

1-6 دليل الهطل المطري القياسي (SPI) :

قام الأخصائيون وعلماء المناخ على مر السنين بوضع واستخدام أدلة كثيرة لدراسة الجفاف، حيث تراوحت هذه الأدلة بين البسيطة و المعقدة، و هناك العديد من المؤشرات تعتمد على هطل الأمطار يتم استخدامها لرصد الجفاف (Smakhtin and Hughes, 2007) ، ولكنهم توصلوا إلى أن الدليل يجب أن يكون بسيطاً، و سهل الحساب ، حيث تم وضع الدليل المعياري للهطل (SPI) (Mckee *et al.*, 1993) .

صمم المؤشر المعياري للهطول لتقدير كمية النقص في الهطل على نطاقات زمنية متعددة و تعكس هذه النطاقات الزمنية تأثير الجفاف على توافر موارد المياه المختلفة فأحوال رطوبة التربة تستجيب للاختلافات في كمية الهطل على نطاق زمني قصير نسبيا ، و تعكس المياه الجوفية و تدفق المجاري المائية و مستودعات التخزين بالمياه المخزونة فيها الاختلافات في الهطل على نطاق زمني طويل (Mckee *et al.*, 1993)، حيث يتم حساب المؤشر المعياري للهطل على نطاقات زمنية تبلغ 3 أشهر و 6 أشهر و 12 شهرا و 24 شهرا و 48 شهرا .

و يتميز الدليل المعياري للهطل بأنه دليل قوي و مرن و حسابه بسيط حيث يحتاج هذا الدليل إلى مدخل واحد فقط وهو الهطل المطري و إلى استخدام قيم شهرية تغطي سلسلة زمنية مدة 20 – 30 سنة على الأقل . (Guttman,1994)

وُضع دليل الهطل المطري القياسي SPI لتحديد شدة وفترات الجفاف في منطقة معينة، وتحدد فترة الجفاف عندما يأخذ الدليل قيم سالبة تدل على هطل أقل من المتوسط، حيث تصل إلى أشدها عند 2- ومادون، وتنتهي فترة الجفاف هذه عندما تصبح قيم SPI موجبة و هي تدل على هطل أعلى من المتوسط (McKee *et al.*, 1995)، و لذلك فإن لكل ظاهرة جفاف مدة تحددها بدايته و نهايته و مدى شدته في كل شهر يستمر فيه الجفاف و المجموع الإيجابي للمؤشر المعياري للهطل لجميع الأشهر التي تستغرقها ظاهرة الجفاف يمكن تسميته بشدة الجفاف ، ولهذا الدليل نقاط قوة و نقاط ضعف .

نقاط الضعف: دليل SPI يمكنه فقط تقدير كمية النقص في الهطل و يمكن للقيم المستمدة من البيانات الأولية أن تتغير كما أن القيم تتغير مع ازدياد طول الفترة التي يغطيها السجل .

نقاط القوة: يحتاج إلى مدخل وحيد وهو الهطل المطري و بالتالي يعد بسيطا و أقل تعقيدا من أدلة أخرى ، و يمكن حساب الدليل على نطاقات زمنية مختلفة ، و توفير انذار مبكر للجفاف و المساعدة في تقييم مدى شدة الجفاف و هو أقل تعقيدا من مؤشرات الجفاف الأخرى .

يعتبر دليل المطر القياسي دليل نسبي في تصنيف فترات الجفاف والرطوبة، حيث يتعامل مع كل محطة مطرية بشكل منفرد، ويمثل المعدل العام للمطر في تلك المحطة الحد الفاصل ما بين تصنيف الجفاف وتصنيف الرطوبة، وبذلك فإن مصطلح الجفاف لا يرتبط بالمحطات ذات معدلات المطر المنخفضة كما لا يرتبط مصطلح الرطوبة بالمحطات ذات معدلات المطر العالية، فعلى سبيل المثال إذا كانت كمية المطر الهاطلة في سنة ما على المحطة المطرية ذات المعدل المطري 1000 ملم تساوي 900 ملم تصنف هذه السنة بأنها ضمن السنوات الجافة لتلك المحطة، بينما إذا كانت كمية المطر الهاطلة في سنة ما على المحطة المطرية ذات المعدل المطري 100 ملم تساوي 120 ملم تصنف هذه السنة بأنها ضمن السنوات الرطبة في تلك المحطة. لذلك يمكن الاستفادة من إمكانيات دليل المطر القياسي في متابعة تأثير التغيرات المناخية على أي موقع من العالم بالاستفادة من سجلات البيانات المطرية لتلك المنطقة، حيث توضح قيم دليل المطر القياسي خصائص تعاقب فترات الجفاف والرطوبة للمحطة المطرية تاريخياً، وبذلك يمكن ملاحظة أي تغير غير طبيعي في هطل المطر في تلك المحطة (من حيث الشدة والاستمرارية والتوزع) وخصوصاً للفترات الحديثة، مما يعطي استنتاجاً بوجود أو عدم وجود تغير مناخي في ذلك الموقع من العالم (WMO, 2012).

وعادةً ما يتم حساب SPI لفترة شهر أو ثلاثة أشهر بالنسبة للجفاف المناخي، إلا أنه قد يكون مضللاً في المناطق التي تكون جافة خلال أي فترة مدتها 3 أشهر، ويطبق ذلك في مناطق البحر الأبيض المتوسط وكاليفورنيا وحول شمالي أفريقيا وجنوبي أوروبا حيث تسقط أمطار قليلة جداً أو يُتوقع سقوطها على فترات محددة من العام .

يذكر أن تكرار الجفاف يختلف باختلاف المقياس الزمني المستخدم في حساب مؤشر SPI حيث تتكرر الفترات الجافة و الرطبة قصيرة الأمد بتردد عال على مقياس زمني قصير بينما في مقاييس زمنية أطول يكون للجفاف تردد أقل و لكن مدة أطول (Chopra, 2006) ، وفي بعض المناطق يمكن أن تعطي الأمطار الجيدة لشهر واحد تأثيرا بأن الجفاف انتهى (Hayes *et al.*, 1999) .

قامت المنظمة العالمية للأرصاد بوضع برمجية تسهل عمليات حساب الدليل .

http://drought.unl.edu/MonitoringTools/DownloadableSPIPro-gram.aspx

حيث أشارت المنظمة (WMO(2009 إلى أن SPI هو المؤشر الأكثر ملاءمة لمراقبة حوادث الجفاف الميتيورولوجي ، و قد استخدم لتقدير شدة الجفاف في سان باولو (Svoboda *et al.*, 2006) ، و أيضا تم استخدامه لدراسة الجفاف في فالنسيا ، اسبانيا (Vicente-Serrano *et al.*, 2004) ، وكذلك تم استخدامه لدراسة و مراقبة الجفاف في كوريا (Byun and Kim, 2010) .

أيضا تم اختبار مؤشر SPI في اليونان لمعرفة ملاءمته لبرامج مراقبة الجفاف و التنبؤ به حيث تم استخدام سلاسل الهطل المطري ل 46 محطة مناخية في اليونان موزعة في مناطق مختلفة للفترة من عام 1947 حتى عام 2004 حيث بينت النتائج أن هذا المؤشر ملائم جدا للتنبيه عن الجفاف (Karavitis *et al.*, 2011; Tsakiris and Vangelis,2005) .

لقد تم استخدام مؤشر SPI في السنوات الأخيرة بشكل متزايد لتقييم شدة الجفاف في العديد من البلدان (Wilhite *et al.*, 2005; Vicente-Serrano *et al.*, 2004) ، حيث أنه في دراسة في المكسيك تم تحديد المناطق المناخية المتجانسة باستخدام مؤشر SPI (Giddings *et al.*, 2005) .

فقد أشار تحليل السلاسل الزمنية للمؤشر SPI إلى انخفاض في قيم SPI خلال الفترة 1970- 1999 في منطقة الأمازون الجنوبية مما أدى إلى زيادة في الظروف الجافة (Li *et al.*, 2007) .

وقد ثبت أيضا أن تفسير الجفاف على فترات زمنية مختلفة باستخدام SPI كان متفوقا على مؤشر بالمر لمخاطر الجفاف (Guttman, 1998) ، حيث استخدم كل من (Goodrich and Ellis, 2006) مؤشر SPI و القيم السنوية لمؤشر بالمر للجفاف لتصنيف السنوات حسب شدة الجفاف .

قام Hughes و Smakhtin (2007) بتطوير برمجيات لحساب و تطبيق مؤشرات مختلفة تعتمد على هطل الأمطار بما في ذلك مؤشر SPI من أجل التقييم الكمي لجفاف الأرصاد الجوية و اقترحت نطاقات SPI المقابلة لمستويات شدة الجفاف المختلفة (Mckee *et al.*, 1993).

أكدت الأبحاث على تراجع الهطل المطري فوق معظم أراضي سورية، وسجل ارتفاع مؤكد في درجة الحرارة تجاوز درجة مئوية واحدة، مما يعني وجود منعكسات حقيقية للتغير المناخي العالمي في المناخ المحلي حيث أدت هذه التغيرات بالأمطار والحرارة لوجود اتجاه متزايد في شدة وتكرار الجفاف إضافة إلى ازدياد عدد الأيام الجافة وشديدة الجفاف، وسيكون لجميع هذه التغيرات آثار كامنة على رطوبة التربة و الغطاء النباتي و الحياة بشكل عام مما بزيد خطر التصحر.

وفي دراسة قام بها كل من سكاف ومثبوت (2010) باستخدام دليل الهطل المطري القياسي (SPI) Standard precipitation Index في تقدير شدة الجفاف بتحليل سلاسل الأمطار الفصلية والسنوية في منطقة الجزيرة السورية لفترة امتدت من عام 1960 وحتى 2006، أظهرت نتائجها أن الجفاف يتكرر بنسب كبيرة تزيد عن 20% ولكن بشدات مختلفة.

وقامت ديبه (2012) بدراسة الجفاف في اللاذقية وإدلب وحلب والرقة خلال الفترة 1975-2006 باستخدام دليل الهطل المطري القياسي (SPI) وبالإضافة إلى دليل الكشف عن الجفاف (RDI)، حيث أشارت النتائج إلى وجود عجز مائي وأن حوادث الجفاف المعتدل هي الأكثر تواتراً في جميع المحطات.

أيضا من دراسات تقدير شدة الجفاف وتكراره في بعض مواقع المنطقة الجنوبية من سورية بتطبيق دليل الهطل المطري القياسي (SPI) خلال الفترة 1958- 2006 وبينت النتائج وجود اتجاه نحو تراجع كميات الأمطار السنوية في جميع المحطات وتعرضها لحوادث الجفاف بشكل متكرر(جلب و شيخو،2012).

كما أشار كل من سكاف وحمدان (2013) إلى تزايد شدة الجفاف في المنطقة الساحلية خلال الفترة 1966-2008 وأنه يتكرر بشكل كبير في جميع أجزاء المنطقة (تصل إلى 35% في بعض الأجزاء) ولكن بشدات مختلفة.

أظهرت نتائج دراسة صقر (2015) حول تغير الظروف المناخية في المنطقة الساحلية من سورية وآثاره ، أن الجفاف يتكرر بنسب مرتفعة وأن الجفاف المتطرف الشدة قد يشمل كل المنطقة في بعض المواسم .

كما قام رشيد (2009) بدراسة تحليل فترات نقص الأمطار شمالي العراق باستخدام الدليل SPI، عبر تحليل سجلات الأمطار لتسعة محطات مناخية للفترة 1941-2002. وتم استخدام نظام المعلومات الجغرافية GIS في رسم خرائط رقمية توضح معدلات شدة الجفاف ومعدلات قيم الجفاف لموقع الدراسة.

الفصل الثاني :

المواد و طرائق الدراسة

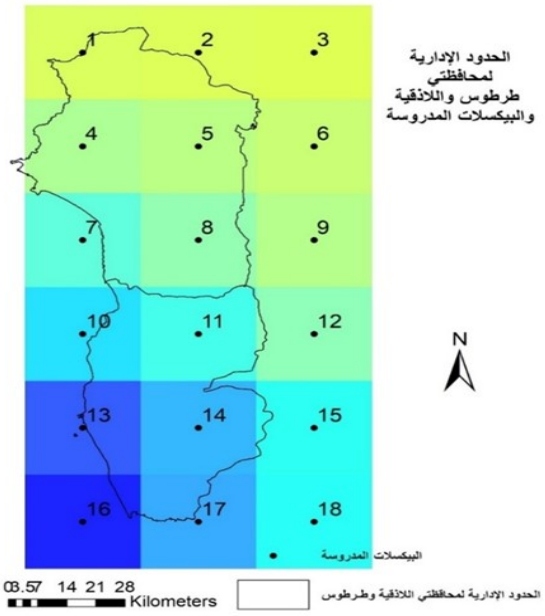
2- المواد وطرائق الدراسة :

2-1 مواد الدراسة :

2-1 -1 منطقة الدراسة :

نُفذ البحث بمنطقة الساحل السوري (محافظتي اللاذقية وطرطوس) التي تقع في الشمال الغربي من سوريا ضمن منطقة الاستقرار الأولى التي يسودها مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط الذي يتميز باعتدال درجات الحرارة على مدار العام مع ملاحظة فروق في درجات الحرارة حيث تنخفض كلما ارتفعنا عن سطح البحر أو بالانتقال من الغرب إلى الشرق، يبلغ المعدل السنوي للهطل المطري حوالي 1500 مم، و تشكل الغابات الغطاء النباتي الأساسي لسلسلة الجبال الساحلية بسفحيها الغربي و الشرقي و تشكل الصنوبريات و السنديان الأنواع الرئيسية لهذه الغابات، و يبلغ معدل الرطوبة خلال فصل الصيف (70 إلى 80) % وفي فصل الشتاء (60 إلى 70) %.

تم استخدام خريطة الحدود الادارية لمحافظتي اللاذقية وطرطوس لتحديد منطقة الدراسة حيث ضمت 18 بيكسل 14 منها يغطي منطقة الدراسة بشكل كلي أو جزئي وهي (1 و2 و4 و5 و7 و8 و10 و11 و12 و13 و14 و15 و16 و17) كما في الشكل (3)، مساحة البيكسل الواحد (25) كم^2 حيث تعبر قيمة البيكسل عن الهطل المطري ورطوبة التربة على عمق 10 و40 و 100 سم في تلك النقطة والتي سيتم شرحها بالفقرات اللاحقة (الشكل3).



الشكل (3) الحدود الادارية لمحافظتي اللاذقية وطرطوس و البيكسلات المدروسة

2-1-2 بيانات الصور الفضائية :

- الصور الفضائية للهطل المطري
- الصور الفضائية لرطوبة التربة

2-1-3 دليل الهطل المطري القياسي (SPI) Standard Precipitation Index :

تم في هذا البحث حساب الدليل SPI1 لكل شهر من أشهر سنوات سلسلة الدراسة من عام 2005 حتى عام 2010 و إنتاج خرائط الدليل الشهرية و أيضا تم إنتاج خرائط دليل SPI8 لمدة ثمانية أشهر لسلسلة سنوات الدراسة .

2-1-4 البرمجيات المستخدمة :

- برنامج معالجة الصور الفضائية ERDAS Imagine .
- برمجية نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS .
- برنامج التحليل الاحصائي SPSS .
- البرامج الخدمية الأساسية لمجموعة Microsoft Office .

2-2 طريقة العمل :

2-2-1 مرحلة تجميع بيانات الصور الفضائية للهطل المطري ورطوبة التربة :

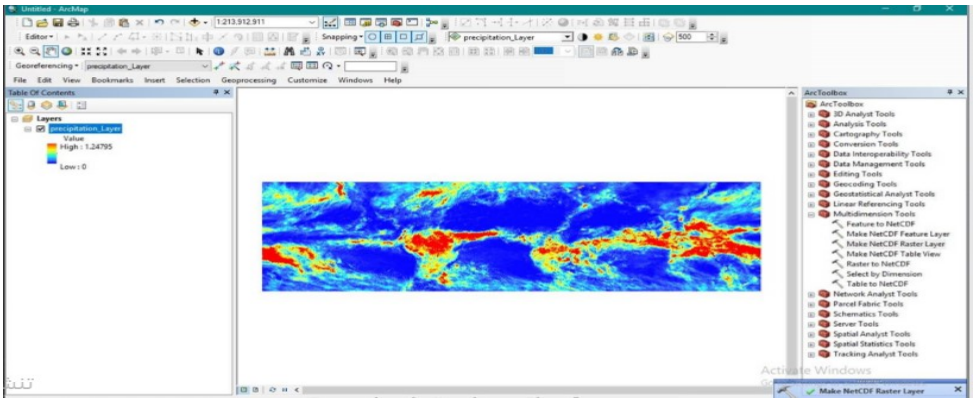
تم استخدام الصور الفضائية من نوع TRMM للهطل المطري من موقع وكالة الفضاء الأمريكية (NASA) المجاني على شبكة الانترنت وهي صور شهرية، مساحة البيكسل فيها 25*25 كم وقيمة البيكسل تعبر عن كمية الهطل المطري على سطح الأرض بوحدة مم/ساعة، تم الحصول على هذه الصور بمعدل صورة كل شهر لفترة الدراسة من بداية كانون الثاني 2005 حتى كانون أول 2010 أي ما مجموعه 72 صورة .

كذلك تم استخدام الصور الفضائية والتي تمثل رطوبة التربة على ثلاثة أعماق من (0 – 10) سم و من (10 40) سم و من (40 – 100) سم من موقع وكالة الفضاء الأمريكية (NASA) المجاني على شبكة الانترنت وهي صور شهرية، مساحة البيكسل فيها 25*25 كم وقيمة البيكسل تعبر عن رطوبة التربة على عمق 10 سم و 40 سم و 100 سم للتربة بوحدة m^2 / Kg ، تم الحصول على هذه الصور بمعدل صورة كل شهر لكل عمق من الأعماق الثلاثة لفترة الدراسة من بداية كانون الثاني 2005 حتى كانون أول 2010 أي ما مجموعه 216 صورة، بشكل متزامن مع الصور الفضائية لكمية الهطل المطري .

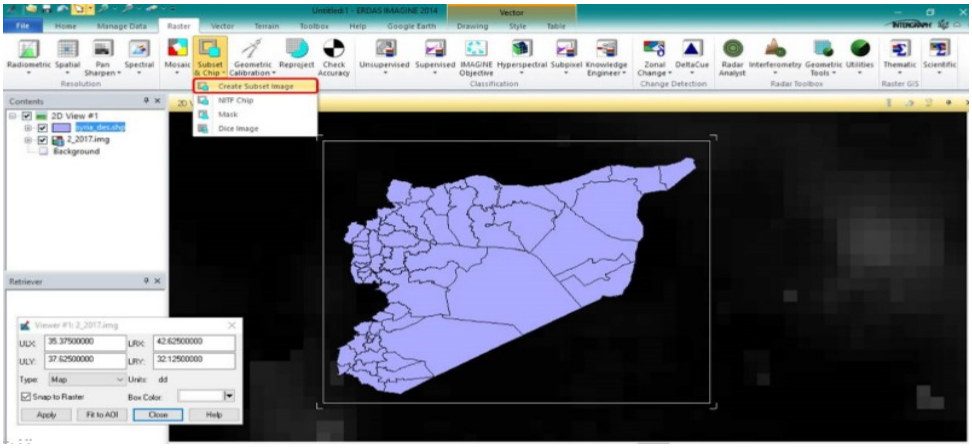
2-2-2 عملية معالجة الصور الفضائية و تمت على مرحلتين :

أولاً : مرحلة المعالجة الأولية للصور الفضائية بهدف تحضيرها لعمليات التحليل باستخدام برنامج ERDAS Imagine و تشمل :

1 – بعد تحميل الصور الفضائية الخاصة بالأمطار و الرطوبة الأرضية للأعماق المذكورة سابقا من الموقع المذكور نقوم باقتطاع مساحة الجمهورية العربية السورية ومثال ذلك الشكل (4) و الشكل (5)



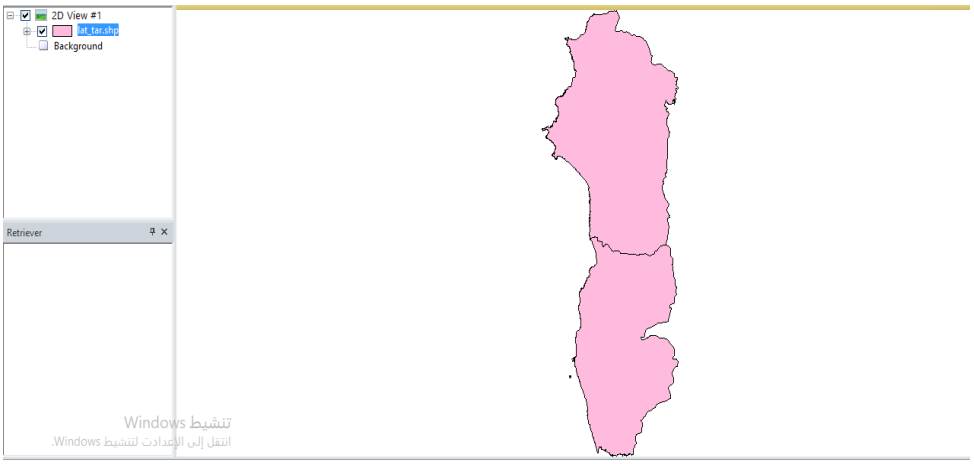
الشكل (4) مثال لأحد الصور الفضائية للهطل المطري بعد تحميلها من الموقع



الشكل (5) اقتطاع مساحة الجمهورية العربية السورية من الصورة الفضائية للأمطار

2 – القيام بعملية تحديد الاسقاط (UTM Zone 37 N) لجميع صور سلسلة الدراسة الزمنية وفق نظام الاسقاط العالمي UTM_WGS84 North .

3 – اقتطاع المساحة الممثلة لمنطقة الدراسة (محافظتي اللاذقية و طرطوس) من مساحة سوريا وفق الحدود الإدارية المعتمدة الشكل (6) .



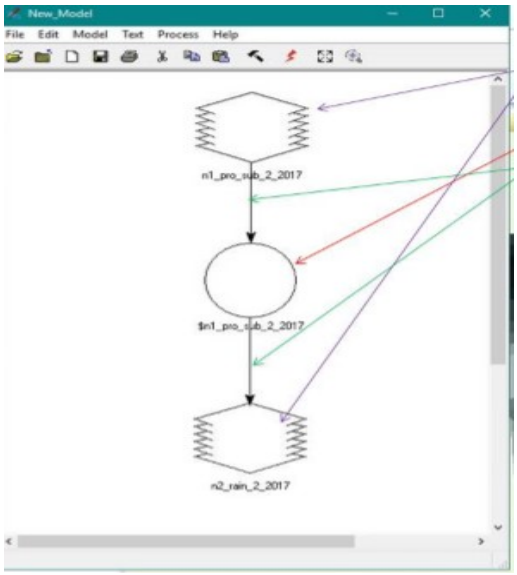
الشكل (6) اقتطاع مساحة منطقة الدراسة (محافظتي اللاذقية و طرطوس)

ثانياً : مرحلة المعالجة المتقدمة و إنتاج خرائط الأمطار و رطوبة التربة الأرضية

تشمل هذه المرحلة مجموعة من خطوات التحليل و هي :

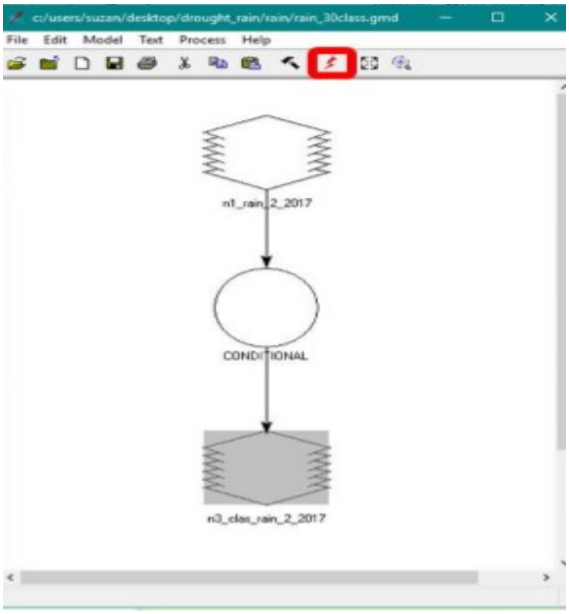
1 – إزالة القيم الخاطئة من الصورة وذلك عن طريق تطبيق نموذج باستخدام أداة Model Maker ضمن برمجية ERDAS Imagine .

2 – تعديل القيم باستخدام مقياس التصحيح Scale Factor وحساب القيم الشهرية للهطل المطري و رطوبة التربة ليتم تحويل بيانات كل صورة لتعبر عن القيم الشهرية للهطل المطري و رطوبة التربة الأرضية من خلال نموذج صمم ضمن برمجية ERDAS Imagine شكل (7).



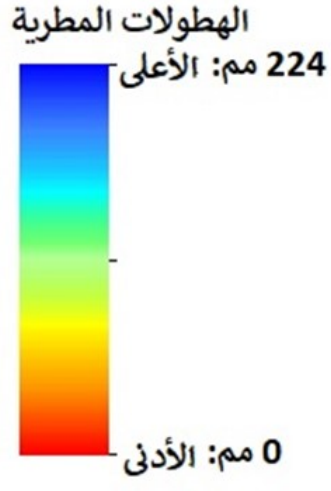
شكل (7) نموذج موديل مستخدم في تطبيق معامل التصحيح للهطل المطري

3 – مرحلة تصنيف الصور الفضائية لمنطقة الدراسة المعبرة عن الهطل الشهري للأمطار و رطوبة التربة في النقاط المدروسة (14 نقطة) من خلال تطبيق نموذج (Model) باستخدام أداة Model Maker ضمن برمجية ERDAS Imagine الشكل (8) .



الشكل (8) مثال لأحد النماذج المستخدمة لتصنيف الأمطار

4 – إنتاج الخرائط المعبرة عن توزع قيم الهطل المطري و رطوبة التربة في منطقة الدراسة خلال السلسلة الزمنية من 2005 إلى 2010 بشكل شهري باستخدام الأداة Symbology (ترميز) ضمن برمجية ArcGIS بعد أن تم توحيد مفتاح الخريطة للهطل المطري وفق الشكل (9) بحيث يمثل اللون الأحمر الغامق 0 مم أمطار أما اللون الأزرق الغامق قيمة 224 مم أو أكثر وما بين هذين اللونين تتدرج كمية الهطل المطري الشهري للبيكسلات المدروسة من 0 إلى 224 مم للبيكسل المدروس.



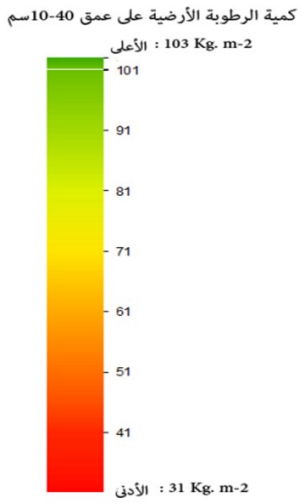
الشكل (9) مفتاح خرائط الهطل **المطري**

و أيضاً تم العمل على إخراج خرائط رطوبة التربة النهائية وقد غطت منطقة الدراسة 14 بيكسل مطابقة لتلك الموجودة في صور كمية الهطل المطري خلال نفس السلسلة الزمنية بعد أن تم توحيد مفتاح الخريطة وفق الشكل (10) بحيث يمثل اللون الأحمر الغامق 5 كغ/م^2 كحد أدنى لكمية الرطوبة الأرضية المسجلة على عمق 10 سم أما اللون الأخضر الغامق قيمة 40 كغ/م^2 كحد أعلى لكمية الرطوبة الأرضية المسجلة أو أكثر على نفس العمق وما بين هذين اللونين تتدرج كمية الرطوبة من 5 إلى 40 كغ/م^2 للبيكسل المدروس .



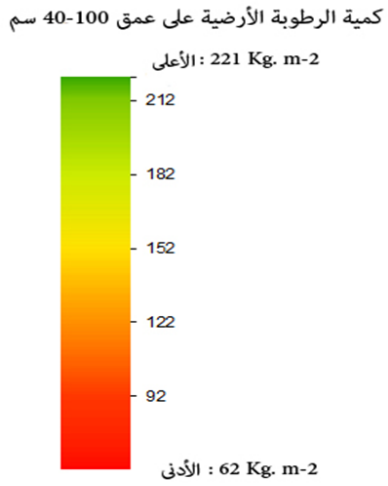
الشكل (10) مفتاح خرائط الرطوبة الأرضية عمق 0–10 سم

أما على عمق 40 سم يمثل اللون الأحمر الغامق 31 كغ/م^2 كحد أدنى لكمية الرطوبة الأرضية المسجلة على هذا العمق أما اللون الأخضر الغامق قيمة 103 كغ/م^2 كحد أعلى لكمية الرطوبة الأرضية المسجلة أو أكثر على نفس العمق وما بين هذين اللونين تتدرج كمية الرطوبة من 31 إلى 103 كغ/م^2 للبيكسل المدروس الشكل (11) .



الشكل (11) مفتاح خرائط الرطوبة الأرضية عمق 10–40 سم

و على عمق 100 سم يمثل اللون الأحمر الغامق 62 كغ/م^2 كحد أدنى لكمية الرطوبة الأرضية المسجلة على هذا العمق أما اللون الأخضر الغامق قيمة 221 كغ/م^2 كحد أعلى لكمية الرطوبة الأرضية المسجلة أو أكثر على نفس العمق وما بين هذين اللونين تتدرج كمية الرطوبة من 62 إلى 221 كغ/م^2 للبيكسل المدروس الشكل (12) .



الشكل (12) مفتاح خرائط الرطوبة الأرضية عمق 40–100 سم

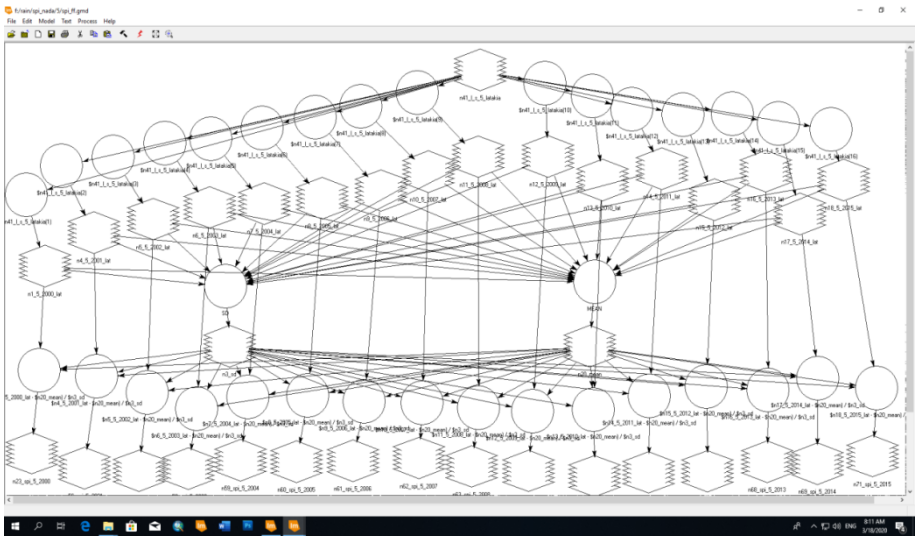
2-2-3 حساب دليل هطل الأمطار القياسي (SPI) :

هو دليل يستخدم عادة لتحديد حالة الجفاف بالاعتماد على قيم الهطل المطري للسلسلة الزمنية لمنطقة ما وهو من أشهر الأدلة وأبسطها المستخدمة في هذا المجال تم وضعه من قبل العالم Mckee وزملائه عام 1993 ويمكن حسابه لـ 1 و3 و6 و8 و9 و12 و48 شهر ويعبر عنه بالمعادلة:

$$SPI = \frac{Xi - X}{\sigma}$$

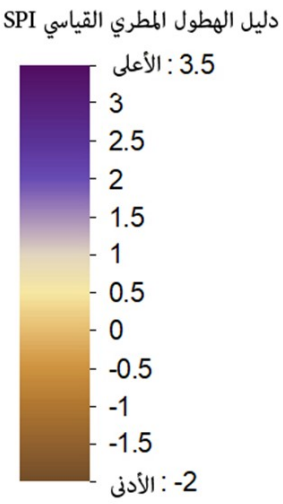
حيث Xi كمية الأمطار للفترة والمنطقة المطلوبة X متوسط كمية الأمطار للفترة والمنطقة المطلوبة ضمن السلسلة الزمنية، σ الانحراف المعياري محسوب من السلسلة الزمنية للفترة والمنطقة المطلوبة وقد تم الحصول على قيم هذا الدليل وفق الخطوات التالية:

- الحصول على الصور الفضائية التي تمثل قيم الهطل المطري للساحل السوري للسلسلة الزمنية من 2005 حتى 2010 لجميع الأشهر.
- تطبيق معادلة Mckee وزملائه على هذه الصور وفق موديل صُمم ببرنامج معالجة الصور الفضائية ERDAS Imagine، للوصول لدليل SPI و حسابه الشكل (13) .



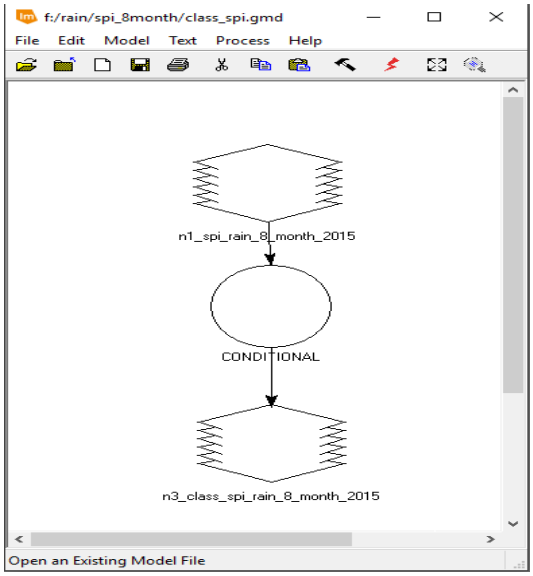
الشكل (13) موديل (نموذج) حساب دليل SPI

- تم توحيد مفتاح الخريطة وفق الشكل (14) بحيث يمثل اللون البني الغامق قيمة (2−) كحد أدنى لقيمة SPI و يمثل اللون البنفسجي الغامق قيمة (3.5) كحد أعلى أو أكثر وما بين هذين اللونين تتدرج قيمة الدليل من (2− إلى 3.5) للبيكسل المدروس .



الشكل (14) مفتاح خرائط دليل الهطل المطري القياسي SPI

- تصنيف الصورة الفضائية الممثلة لدليل SPI إلى 5 صفوف (الجدول 1) وفق موديل صُمم ببرنامج معالجة الصور الفضائية ERDAS Imagine الشكل (15):



الشكل (15) نموذج تصنيف قيم الدليل SPI

- تم حساب دليل SPI لـ 8 أشهر معبرة عن موسم الهطل المطري في منطقة الساحل في سوريا، من شهر أيلول من العام السابق حتى نهاية شهر نيسان من نفس العام.
- تم حساب دليل SPI بشكل شهري لكل سنة من سنوات سلسلة الدراسة .

جدول (1) عدد الصفوف وقيمها وتوصيفها الناتجة عن تصنيف الصور الفضائية المعبرة عن دليل SPI

الصف	قيمة SPI	التوصيف
1	>=0	لا يوجد جفاف
2	<0_>=-1	جفاف خفيف
3	<-1_>=-1.5	جفاف معتدل
4	<-1.5_>=-2	جفاف شديد
5	<-2	جفاف شديد جداً

- انتاج خرائط دليل الهطل المطري القياسي لمنطقة الساحل في سوريا خلال السلسلة الزمنية 2005-2010 بمعدل صورة شهرية لكل سنة من سنوات سلسلة الدراسة وصورة لهذا الدليل لكل 8 أشهر (الموسم الزراعي) من كل سنة من سلسلة سنوات الدراسة، وفق قيم التصنيف المذكورة سابقاً .

جدول (2) تصنيف صفوف دليل SPI المعبرة عن حالة الجفاف

الصفوف	قيم SPI
لايوجد جفاف	>= 0
جفاف خفيف	< 0 _ >= -1
جفاف معتدل	< -1 _ >= -1.5
جفاف شديد	< -1.5 _ >= -2
جفاف شديد جداً	< -2

2-2-4 التحليل الاحصائي :

تم استخدام برنامج التحليل الاحصائي (SPSSv.20) لدراسة علاقة الارتباط شهرياً و سنوياً بين الهطل المطري ورطوبة التربة الأرضية على الأعماق (0 – 10) و (10– 40) و (40 – 100) سم ودراسة علاقة الارتباط بين الهطل المطري ورطوبة التربة على العمق الكلي (0 – 100) سم للوقوف على طبيعة العلاقة بين كمية الهطل المطري و مقدار زيادة أو نقصان رطوبة التربة كذلك تم دراسة علاقة الارتباط لرطوبة التربة على الأعماق الثلاثة السابقة و كذلك العمق الكلي و تم دراسة علاقة الارتباط بين مؤشر الهطل المطري القياسي SPI و كمية الهطل المطري و رطوبة التربة وبالتالي تحديد حالة الجفاف وشدته وتوزعه في منطقة الدراسة.

3- الفصل الثالث :

النتائج و المناقشة :

3-1 انتاج خرائط الهطل المطري:

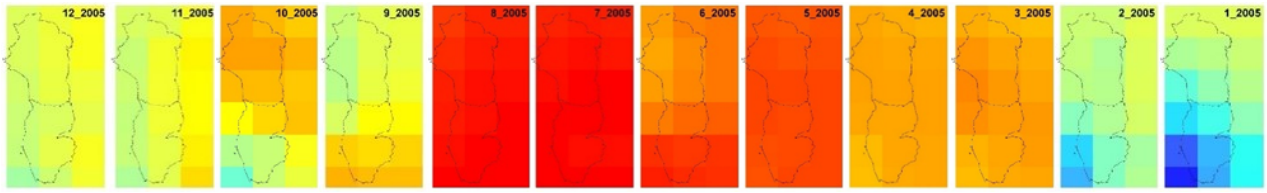
تم انتاج خرائط الهطل المطري (الشكل 16) في منطقة الساحل السوري (محافظتي اللاذقية وطرطوس) لكل شهر خلال السلسلة الزمنية 2005 – 2010 ومن الشكل يلاحظ أن أكبر كمية للهاطل المطري تتركز في أشهر كانون الثاني وشباط وتشرين الأول وتشرين الثاني وكانون الأول، ويلاحظ تذبذب الهطل المطري في الشهرين الثالث والرابع في النقاط المدروسة خلال سنوات الدراسة ويلاحظ من الشكل أيضاً أن أفضل السنوات بالهطل المطري خلال هذه السلسلة الزمنية كانت عام 2009 و 2006 و 2007 و 2005 كما لوحظ من الشكل (16) أن أسوأ السنوات بالهطل المطري خلال هذه السلسلة الزمنية كانت عام 2010 و 2008، فقد كان الهطل ينخفض بشكل ملحوظ اعتباراً من شهر آذار ويستمر لغاية شهر تشرين الثاني تقريباً.

يظهر الشكل (17) قيم الهطل المطري للبيكسلات الممثلة لمنطقة الدراسة وهي (1 و 2 و 4 و 5 و 7 و 8 و 10 و 11 و 12 و 13 و 14 و 15 و 16 و 17) ، لكل سنة في السلسلة الزمنية 2005 – 2010، فقيم الهطل بالنسبة للنقاط الأربعة عشر في السنة الواحدة كانت متقاربة بغض النظر عن موقع هذه النقاط قريبة من البحر أو موجودة في المنطقة الجبلية أو تقع إلى الداخل بالنسبة لمنطقة الدراسة أو على الحدود بين اليابسة و البحر ، حيث يبين الجدول (3) أن عامي 2008 و2010 كانا أقل السنوات تسجيلا للهطل المطري فالنقاط الأربعة عشر في كل من العامين قيمها أقل من باقي الأعوام في سلسلة الدراسة في حين أن عام 2009 كان الأعلى تسجيلاً للهطل المطري (مم/سا) وفق الجدول رقم (3) .

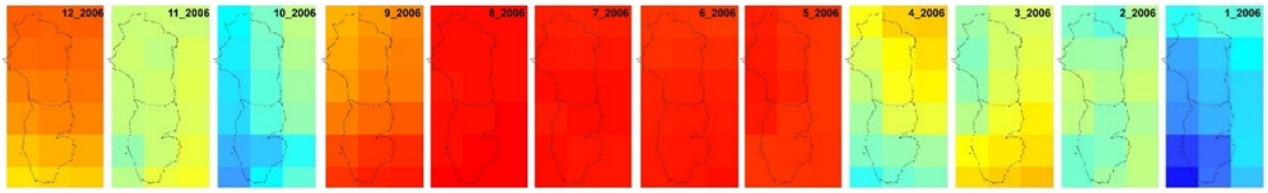
جدول رقم (3) يبين كمية الهطل المطري (مم/سا) في النقاط الأربعة عشر لسلسلة سنوات الدراسة

العام	نقطة 1	نقطة 2	نقطة 4	نقطة 5	نقطة 7	نقطة 8	نقطة 10	نقطة 11	نقطة 12	نقطة 13	نقطة 14	نقطة 15	نقطة 16	نقطة 17
2005	684	649	698	649	723	654	770	678	618	839	740	645	906	742
2006	799	733	835	754	835	744	850	759	693	902	830	727	919	800
2007	738	798	828	786	834	794	815	760	709	755	774	699	779	728
2008	652	635	667	651	675	617	633	565	509	613	579	524	640	560
2009	1034	996	1038	1003	1040	1012	1023	1022	897	950	1039	868	974	903
2010	673	617	624	578	579	539	600	538	482	591	544	521	598	522

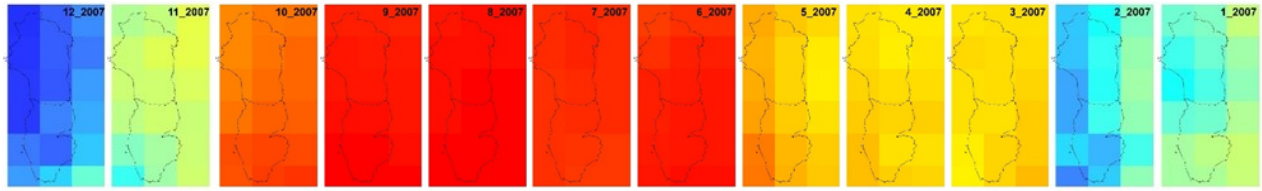
كانون 2 شباط آذار نيسان أيار حزيران تموز آب أيلول تشرين 1 تشرين 2 كانون 1



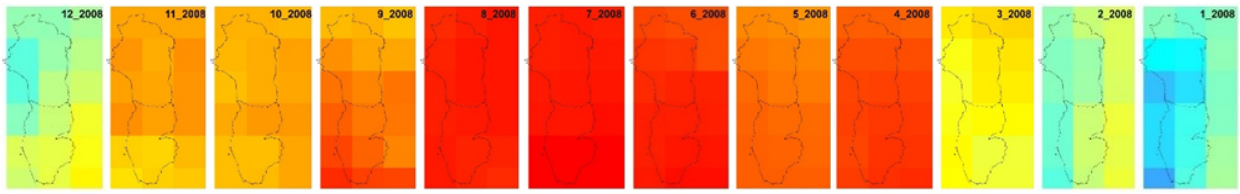
عام 2005



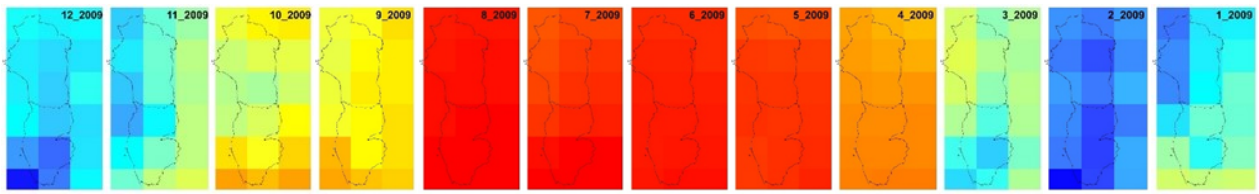
عام 2006



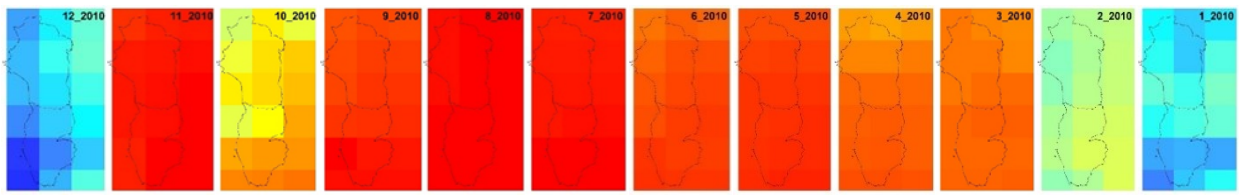
عام 2007



عام 2008

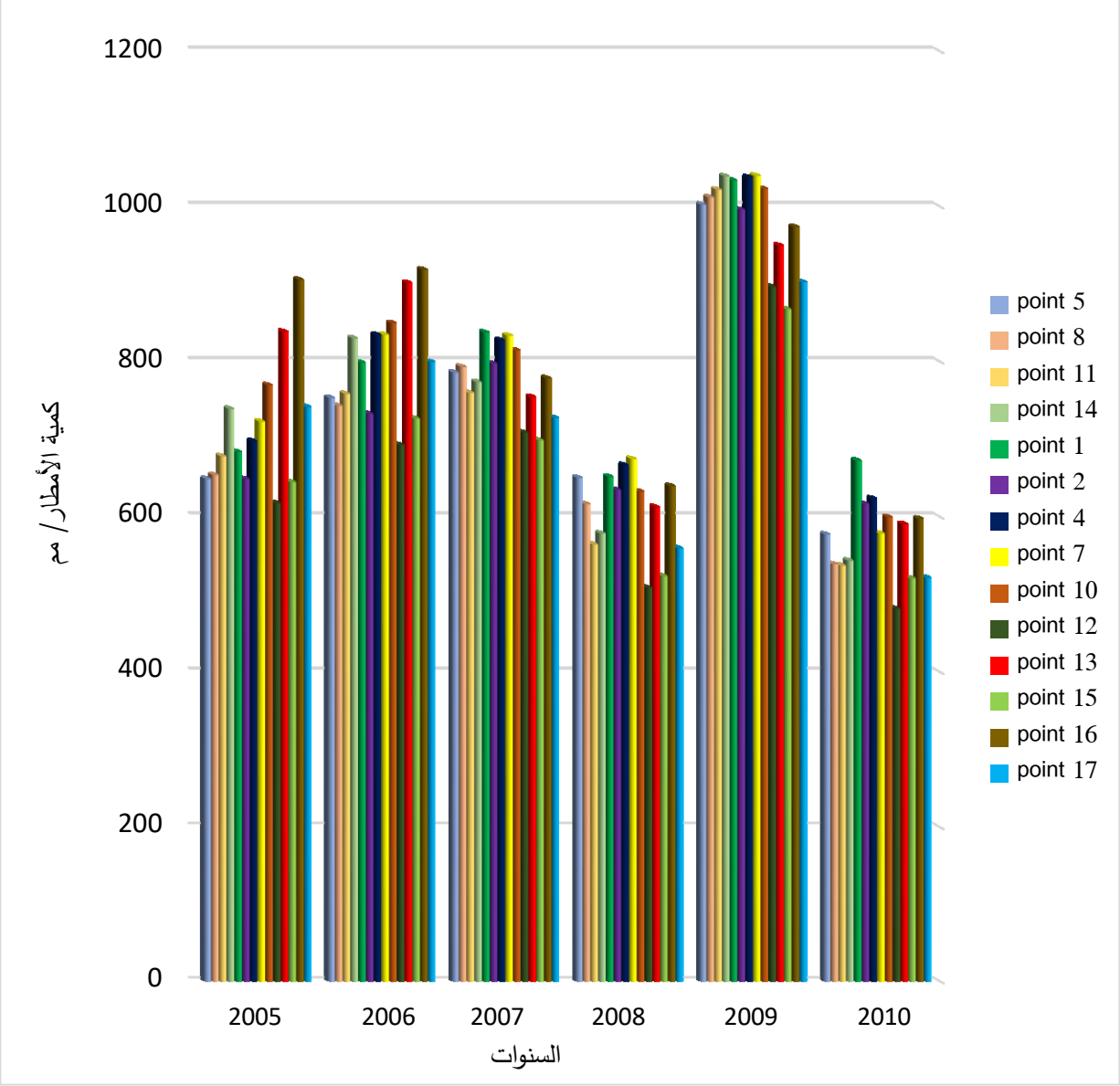


عام 2009



عام 2010

الشكل (16) خرائط الهطل المطري لمحافظتي اللاذقية و طرطوس للسلسلة الزمنية 2005 – 2010



الشكل (17) كمية الأمطار السنوية الهاطلة على نقاط (بيكسلات) منطقة الدراسة للسلسلة الزمنية 2005 – 2010

3-2 انتاج خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0-10) سم:

تم انتاج خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية 10 سم (الشكل 18) في منطقة الساحل السوري (محافظتي اللاذقية وطرطوس) لكل شهر خلال السلسلة الزمنية 2005 – 2010 و من الشكل (18) يلاحظ أن أكبر كمية للرطوبة الأرضية السطحية تتركز في أشهر كانون الثاني وشباط وآذار ونيسان وتشرين الأول وتشرين الثاني وكانون الأول ، عدا سنة 2007 لم تكن الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية في النقاط المدروسة عالية في الشهر العاشر إضافة إلى ملاحظة أن الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية عالية في الشهرين الثالث والرابع على الرغم من ملاحظة تذبذب الهطل المطري خلال هذين الشهرين في النقاط المدروسة في محافظتي اللاذقية وطرطوس، وقد يعود سبب هذا الارتفاع هو احتفاظ التربة بالمياه نتيجة الهطل المطري في الأشهر السابقة و

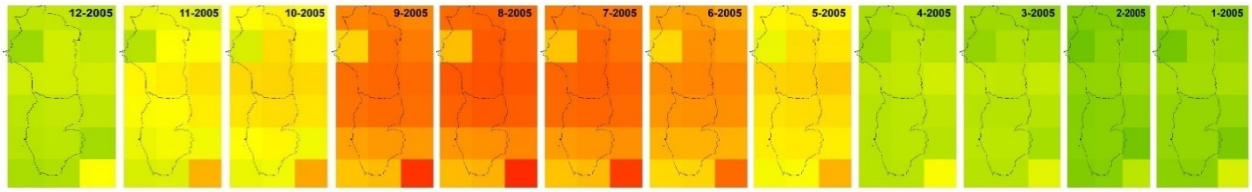
أيضاً قد يعود السبب إلى قلة البخر . ويلاحظ من الشكل أيضا أن أفضل السنوات احتفاظاً بالرطوبة الأرضية للطبقة السطحية على عمق 10 سم خلال هذه السلسلة الزمنية كانت عام 2009 و2006 و2007 و2005 وأسوأ السنوات تسجيلاً للرطوبة الأرضية للطبقة السطحية خلال السلسلة الزمنية المدروسة كانت 2008 و2010.

يظهر الشكل (19) قيم الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية للبيكسلات الممثلة لمنطقة الدراسة و هي (1 و 2 و 4 و 5 و 7و 8 و 10 و 11 و 12 و 13 و 14 و 15 و 16 و 17) و لكل سنة في السلسلة الزمنية 2005 – 2010 ، فقيم الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية بالنسبة للنقاط الأربعة عشر في السنة الواحدة كانت متقاربة بغض النظر عن موقعها و لكن تختلف حسب الشهر من السنة و حسب كمية الهطل المطري و توزعه عليها و أيضا حسب نوع التربة حيث يلاحظ أن هناك أشهر تكون رطوبة الطبقة السطحية فيها عالية على الرغم من عدم وجود هطل مطري وهذا ما تم شرحه سابقا ، حيث أن قيم الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية بينت أن عامي 2008 و 2010 كانت أقل السنوات تسجيلا للرطوبة السطحية الأرضية في حين أن عام 2009 كان الأعلى تسجيلا للرطوبة السطحية الأرضية وفق الجدول (4) .

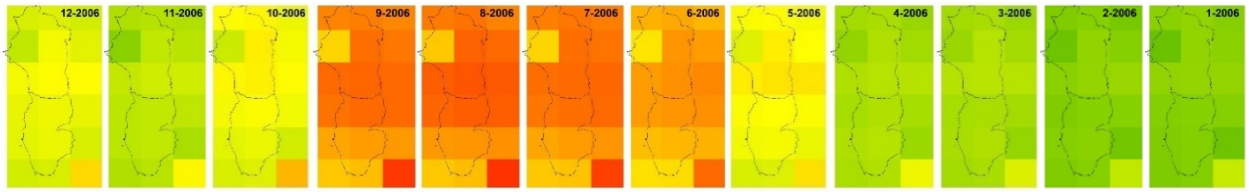
جدول (4) قيم الرطوبة الأرضية (كغ/ م^2) على عمق (0–10) سم في النقاط المدروسة لكل سنة من سلسلة الدراسة

العام	نقطة 1	نقطة 2	نقطة 4	نقطة 5	نقطة 7	نقطة 8	نقطة 10	نقطة 11	نقطة 12	نقطة 13	نقطة 14	نقطة 15	نقطة 16	نقطة 17
2005	275	270	314	259	254	249	264	259	260	279	275	285	297	293
2006	281	275	319	266	266	259	276	270	273	290	284	297	306	301
2007	274	268	316	259	258	252	268	262	263	279	277	290	301	295
2008	**247**	**241**	**281**	**229**	**223**	**218**	**231**	**226**	**229**	**245**	**240**	**250**	**262**	**256**
2009	**288**	**282**	**330**	**274**	**269**	**266**	**279**	**273**	**274**	**292**	**286**	**300**	**308**	**302**
2010	**280**	**274**	**318**	**262**	**258**	**252**	**262**	**257**	**257**	**277**	**271**	**282**	**292**	**286**

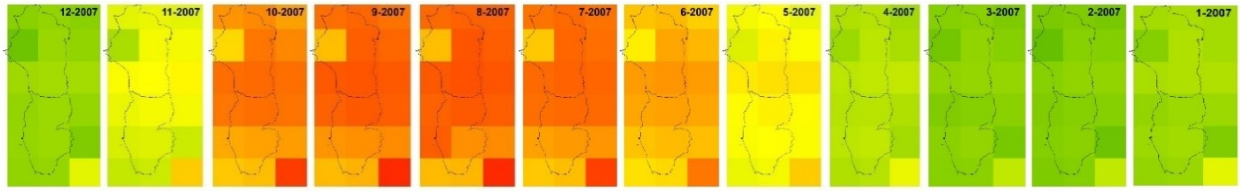
كانون 2 شباط آذار نيسان أيار حزيران تموز آب أيلول تشرين 1 تشرين 2 كانون 1



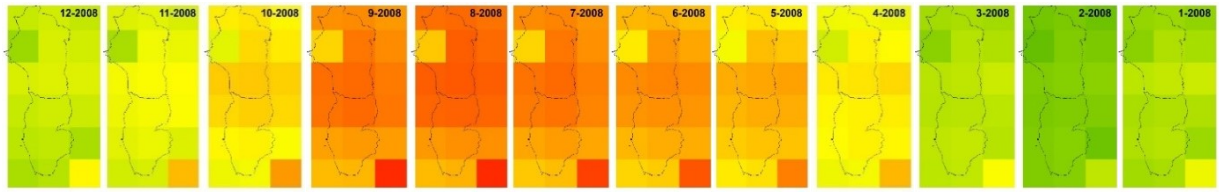
عام 2005



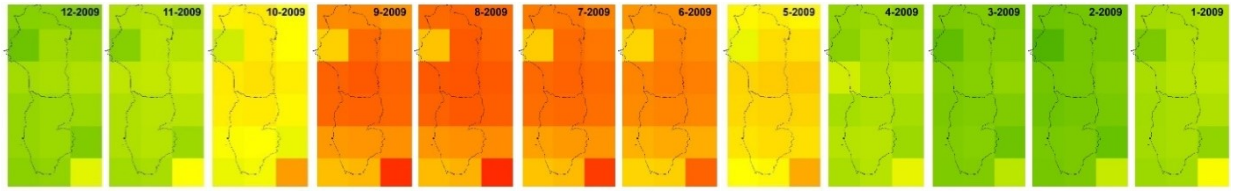
عام2006



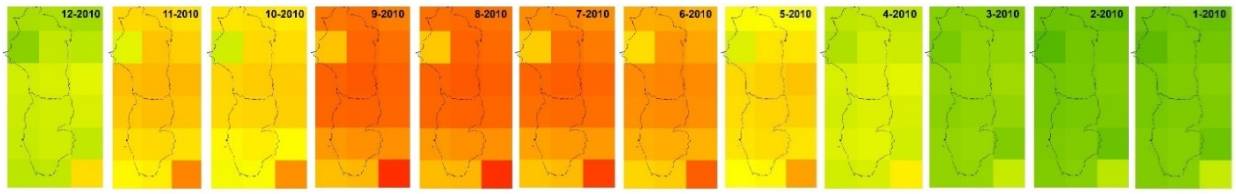
عام2007



عام2008

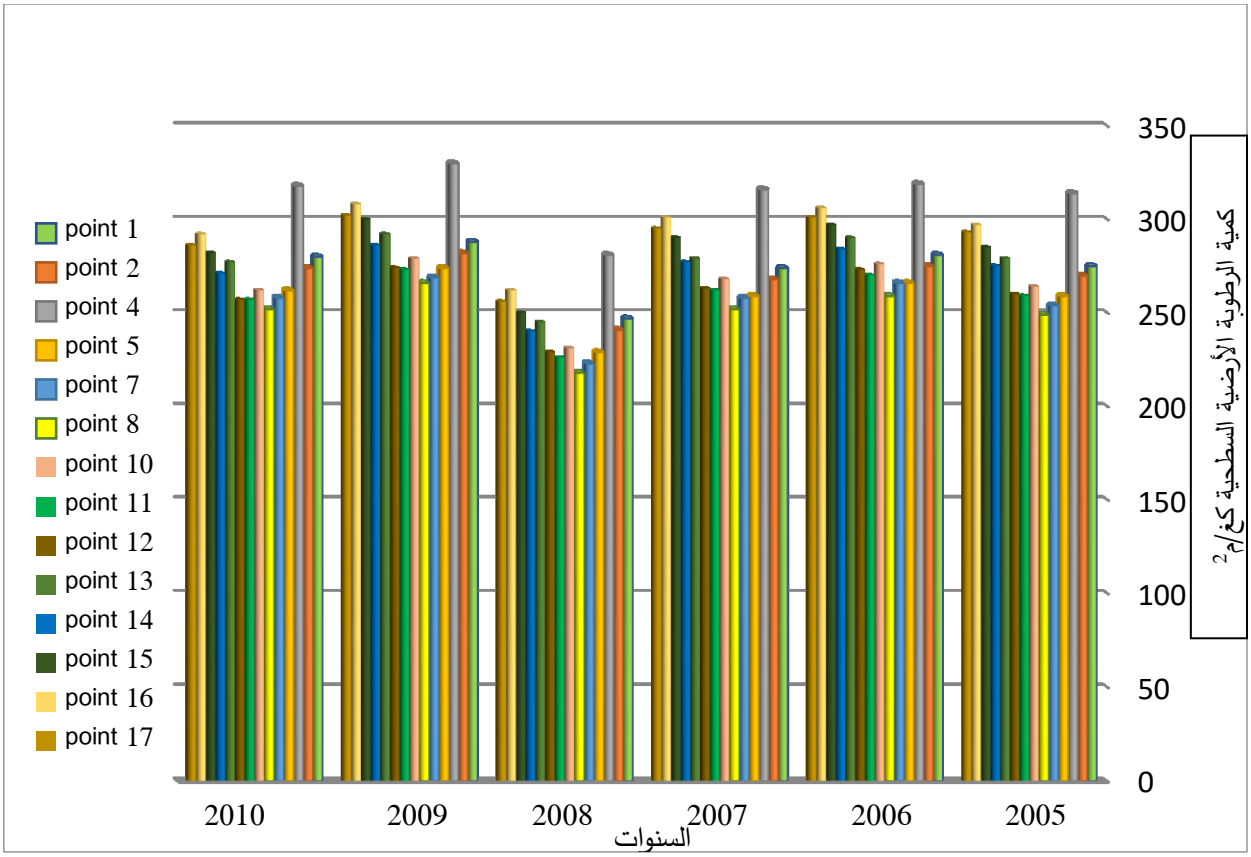


عام2009



عام2010

الشكل (18) خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية(0–10) سم لمنطقة الدراسة للسلسلة الزمنية 2005 – 2010



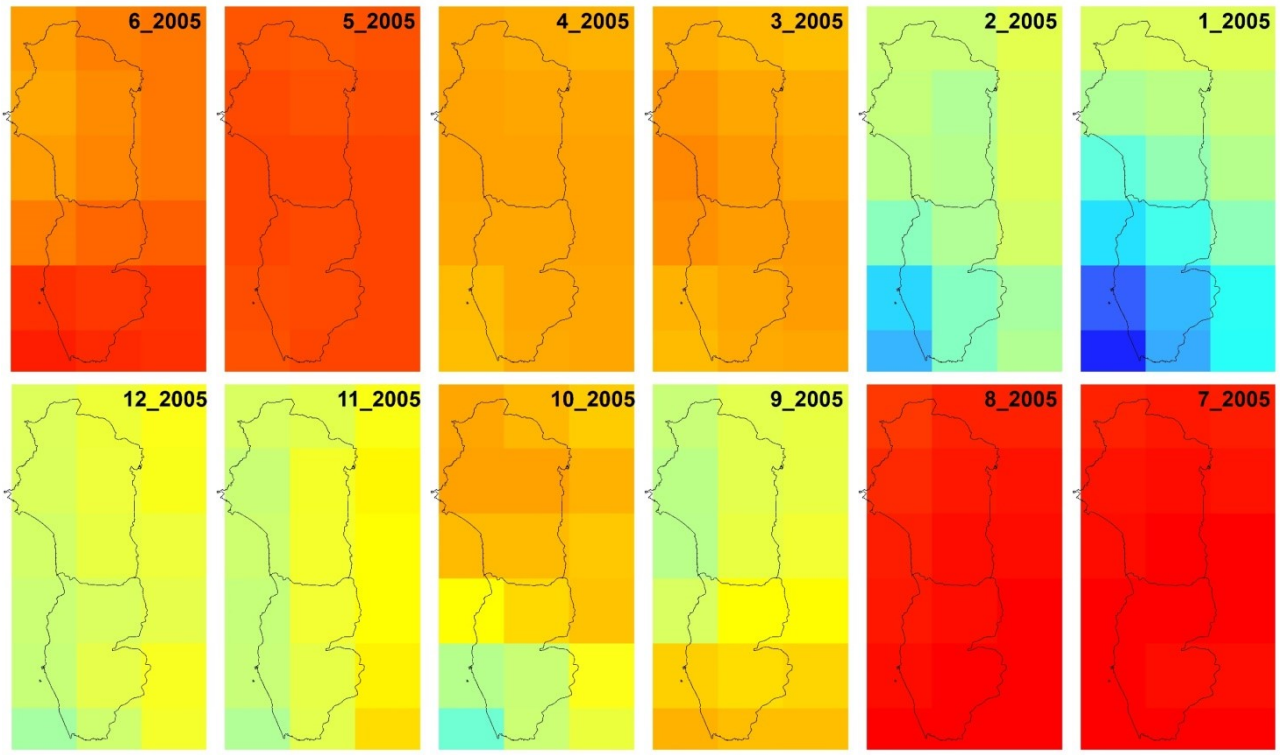
الشكل (19) كمية الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية في نقاط (بيكسلات) منطقة الدراسة للسلسلة الزمنية 2005–2010

3-3 العلاقة بين كمية الهطل المطري ورطوبة التربة الأرضية للطبقة السطحية (0–10) سم:

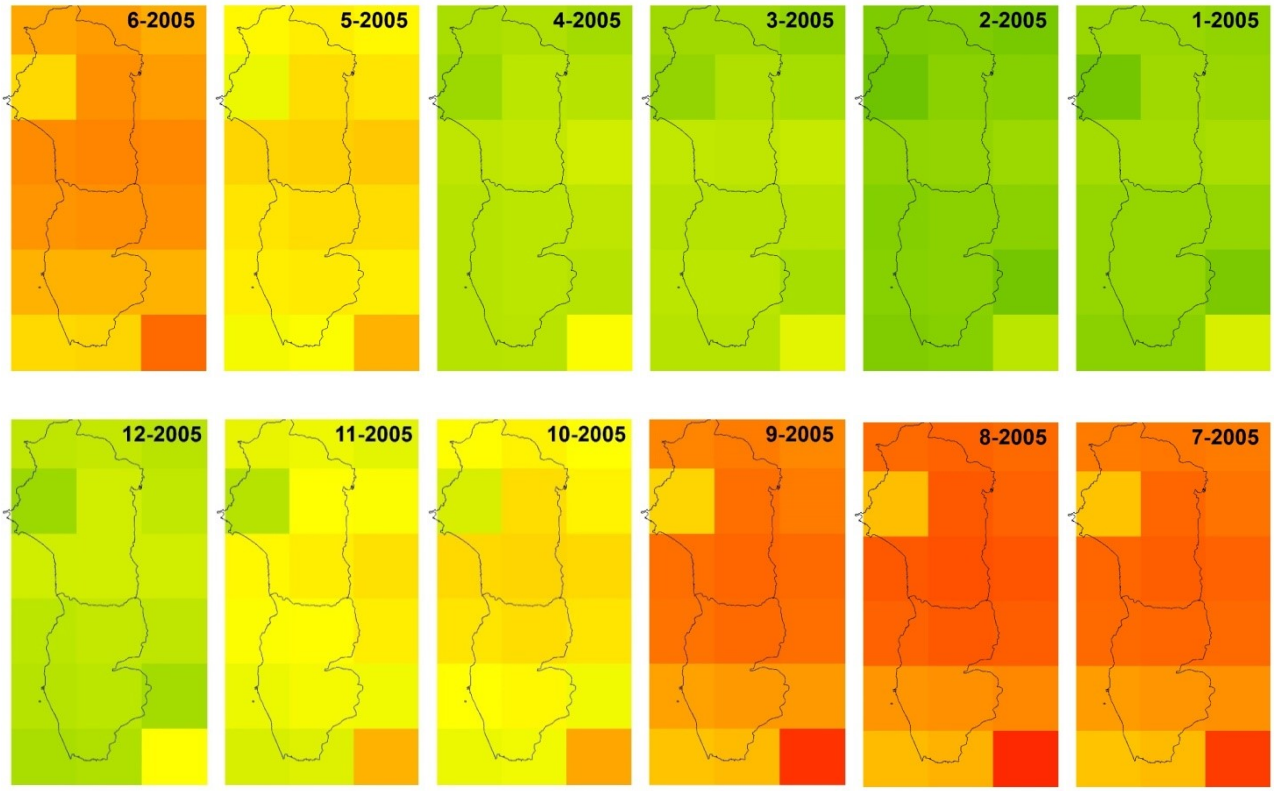
تم انتاج خرائط الهطل المطري وخرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0–10سم) في منطقة الساحل السوري (محافظتي اللاذقية وطرطوس) للسلسلة الزمنية 2005 – 2010 بشكل شهري لكل سنة على حدا لدراسة العلاقة بين كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق (0–10) سم على مستوى الشهر.

يلاحظ من خرائط الهطل المطري لعام 2005 الشكل (20) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام تركز خلال الأشهر (1– 2– 9– 10– 11– 12) في حين انخفضت في الشهرين الثالث والرابع وتراجعت إلى حد كبير في الشهرين الخامس والسادس وانعدمت تقريبا في الشهرين السابع والثامن وهما شهري فصل الصيف وارتفاع درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 22) متوسط قيم الهطل المطري الشهرية للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2005 فقد كان أعلى متوسط مطري للبيكسلات المدروسة في الأشهر 1 و2 و12 و11 و9 و10 بقيم 144 و109 و95 و89 و77 و72 مم على التوالي وسجلت متوسطا يكاد يكون معدوما في الشهر 7 والشهر 8 بقيم 1 و2 مم على التوالي ويلاحظ توافق في خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية المنتجة عام 2005 الشكل (21) مع خرائط الهطل المطري حيث

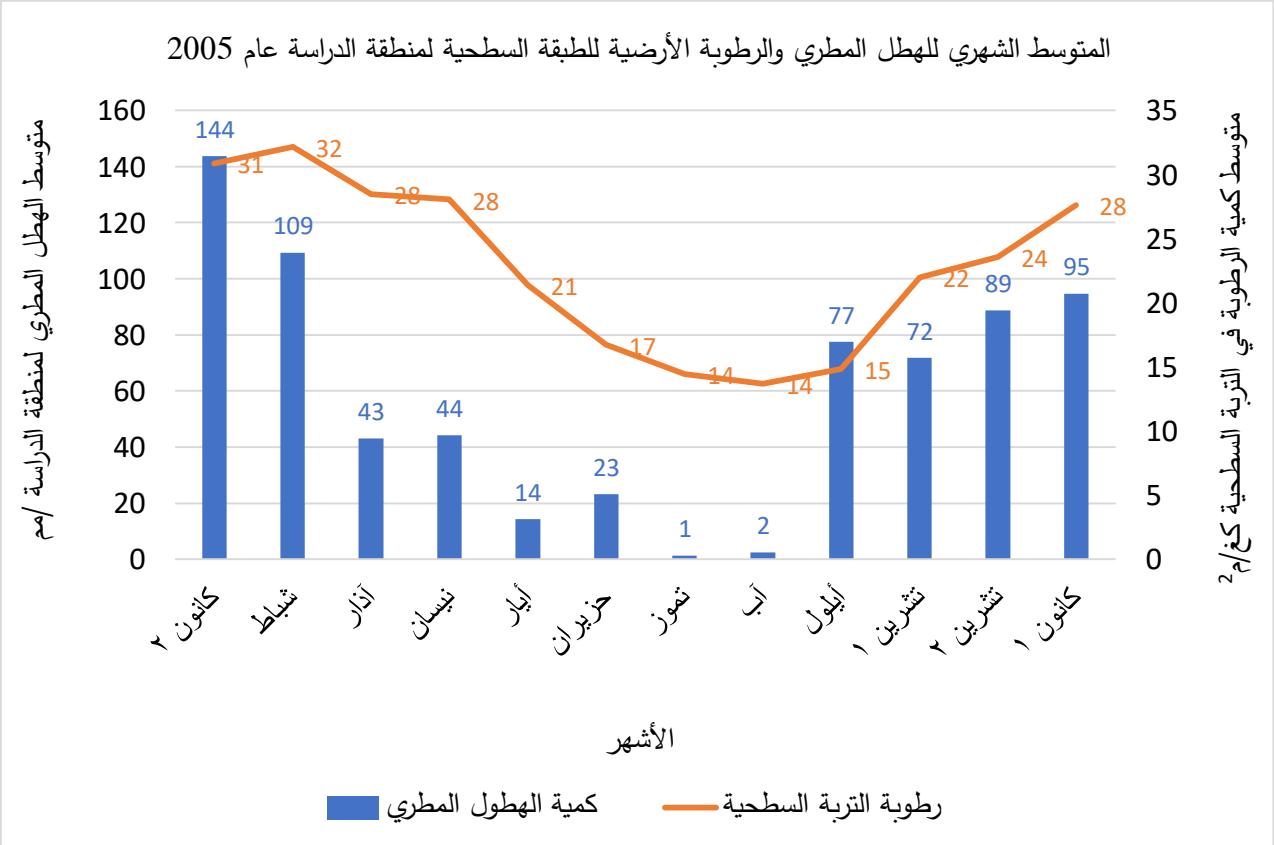
توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية السطحية خلال الأشهر (1 و2 و3 و4 و10 و11 و12) ويرجع سبب ارتفاعها في الشهر الثالث والرابع لأمطار الأشهر السابقة الموضحة في الشكل (20) و متوسطها في الشكل (22) وكذلك يعود السبب لارتفاعها في الشهر العاشر نتيجة أمطار الشهر التاسع والعاشر حيث يوضح الشكل (22) أن أعلى متوسط للرطوبة السطحية الأرضية الشهرية في البيكسلات المدروسة كانت في الأشهر 2 و1 و3 و4 و 12 و11 و10 بقيم 32 و31 و28 و28 و28 و24 و22 كغ/ م^2 على التوالي و أقلها في الشهرين 8 و7 بمتوسط 14 كغ / م^2 أما الأشهر5 و6 تشير لرطوبة سطحية أقل من الأشهر التي قبلها وقد يعزى ذلك لتراجع هطل الأمطار خلال شهري 3 و4 وقد يكون مصدر هذه الرطوبة نتيجة احتفاظ التربة بالمياه واستخدام هذا المخزون يفسر انخفاض رطوبة التربة السطحية بشكل كبير في الشهرين السابع والثامن إضافة إلى أنهما شهري فصل الصيف لتعود الرطوبة السطحية في الشهر التاسع للارتفاع نتيجة بدء موسم الهطل المطري .



الشكل (20) خرائط الهطل المطري لمنطقة الدراسة لعام 2005

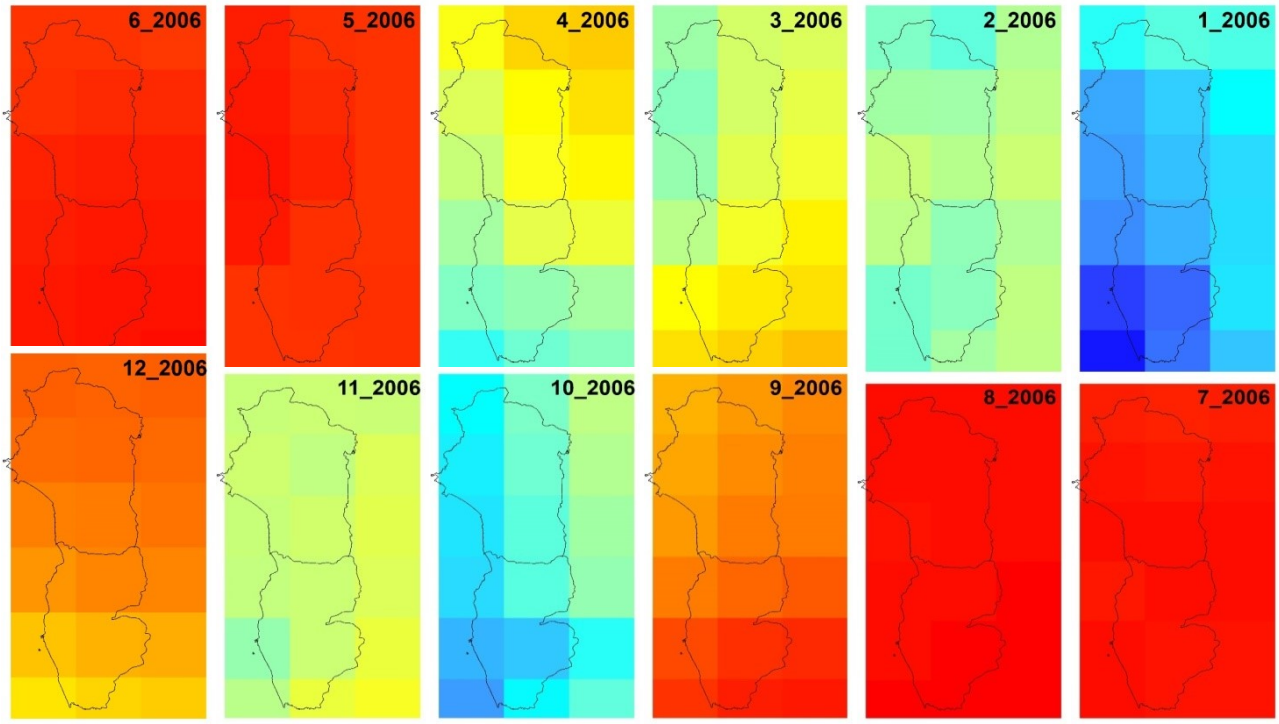


الشكل (21) خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0–10) سم لمنطقة الدراسة لعام 2005

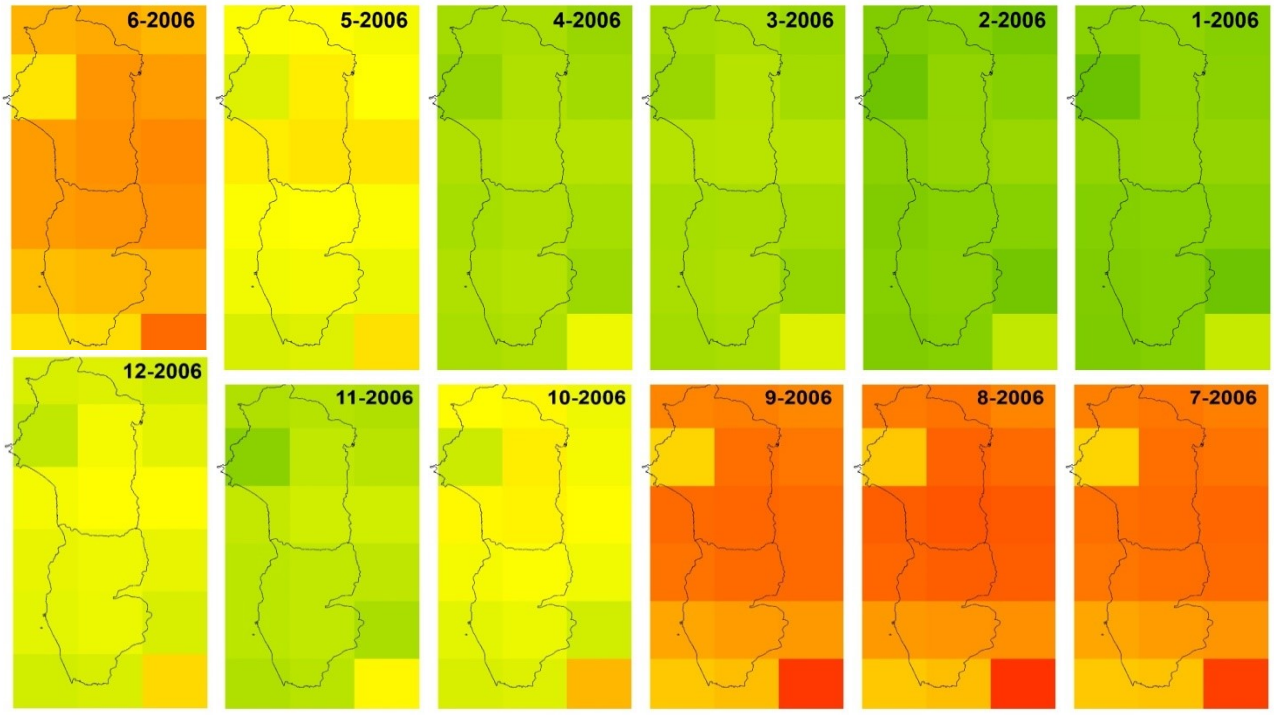


الشكل (22) المتوسط الشهري للهطل المطري والرطوبة الأرضية للطبقة السطحية للبيكسلات المدروسة لعام 2005

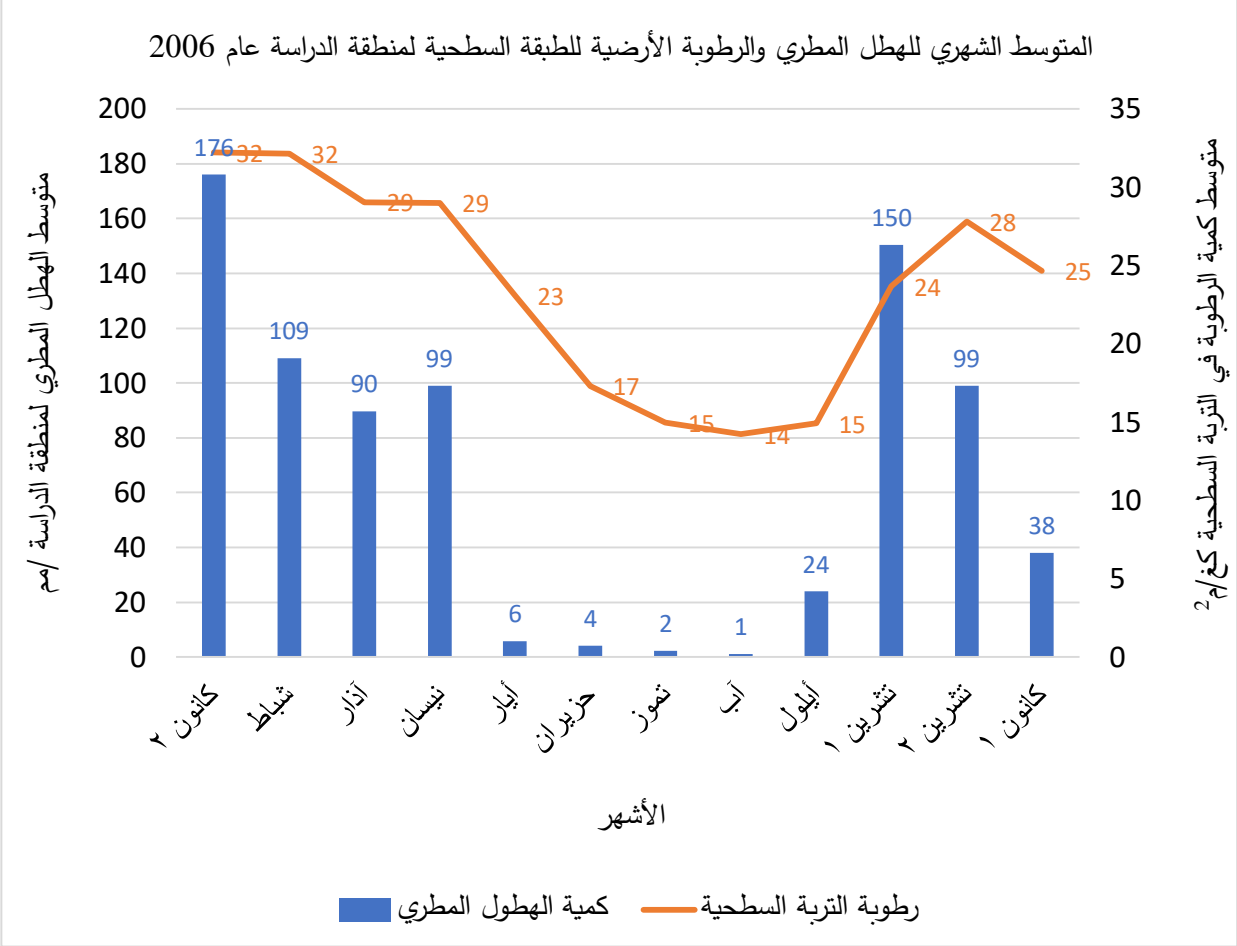
يلاحظ من خرائط الهطل المطري لعام 2006 الشكل (23) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام تركز خلال الأشهر (1- 2- 3- 4- 10- 11) في حين انخفضت كميات الهطل وتراجعت في الشهرين الخامس والسادس وانعدمت تقريبا في الشهرين السابع والثامن وهما شهري فصل الصيف وارتفاع درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 25) قيم متوسط الهطل المطري الشهرية للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2006 فقد كان أعلى متوسط مطري في الأشهر 1 و10 و 2 و 11 و 4 و 3 بقيم 176 و150 و102 و99 و99 و90 مم على التوالي وسجلت متوسطا متراجعا في الشهرين 6 و 5 بقيمة 4 و6 مم على التوالي و هطل مطري معدوم في الشهر 8 والشهر 7 بمتوسط هطل 1 و2 مم على التوالي للنقاط المدروسة ويلاحظ توافق في خرائط الرطوبة الأرضية السطحية المنتجة عام 2006 الشكل (24) مع خرائط الهطل المطري حيث توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية السطحية خلال الأشهر (1 و 2 و 3 و 4 و 10 و 11 و 12) للبيكسلات المدروسة ويرجع سبب ارتفاعها في الشهر الثالث والرابع للهطل المطري في هذين الشهرين الموضح في الشكل (23) و متوسطاتها في الشكل (25) أما بالنسبة لارتفاع الرطوبة السطحية الأرضية في شهر 12 على الرغم من انخفاض كمية الهطل المطري في هذا الشهر يعود إلى الهطل في الشهرين العاشر والحادي عشر ومخزون التربة من المياه حيث يوضح الشكل (25) أن أعلى متوسط للرطوبة السطحية الأرضية كانت في الأشهر 1 و 2 و 3 و 4 و 11 و 12 و 10 بقيم 32 و 32 و 29 و 29 و 28 و 25 و 24 كغ/ م^2 على التوالي و أقلها في الأشهر 8 و 9 و 7 بقيم 14 و 15 و 17 كغ/ م^2 على التوالي أما في الأشهر5 و 6 يلاحظ من الشكل (24) وجود رطوبة سطحية ولكنها متراجعة بسبب تراجع الهطل المطري وقد يكون مصدر هذه الرطوبة احتفاظ التربة بالمياه واستخدام هذا المخزون وهذا ما يفسر انخفاض رطوبة التربة السطحية أيضا بشكل كبير في الشهرين السابع والثامن إضافة إلى ارتفاع درجات الحرارة في هذين الشهرين .



الشكل (23) خرائط الهطل المطري لمنطقة الدراسة لعام 2006

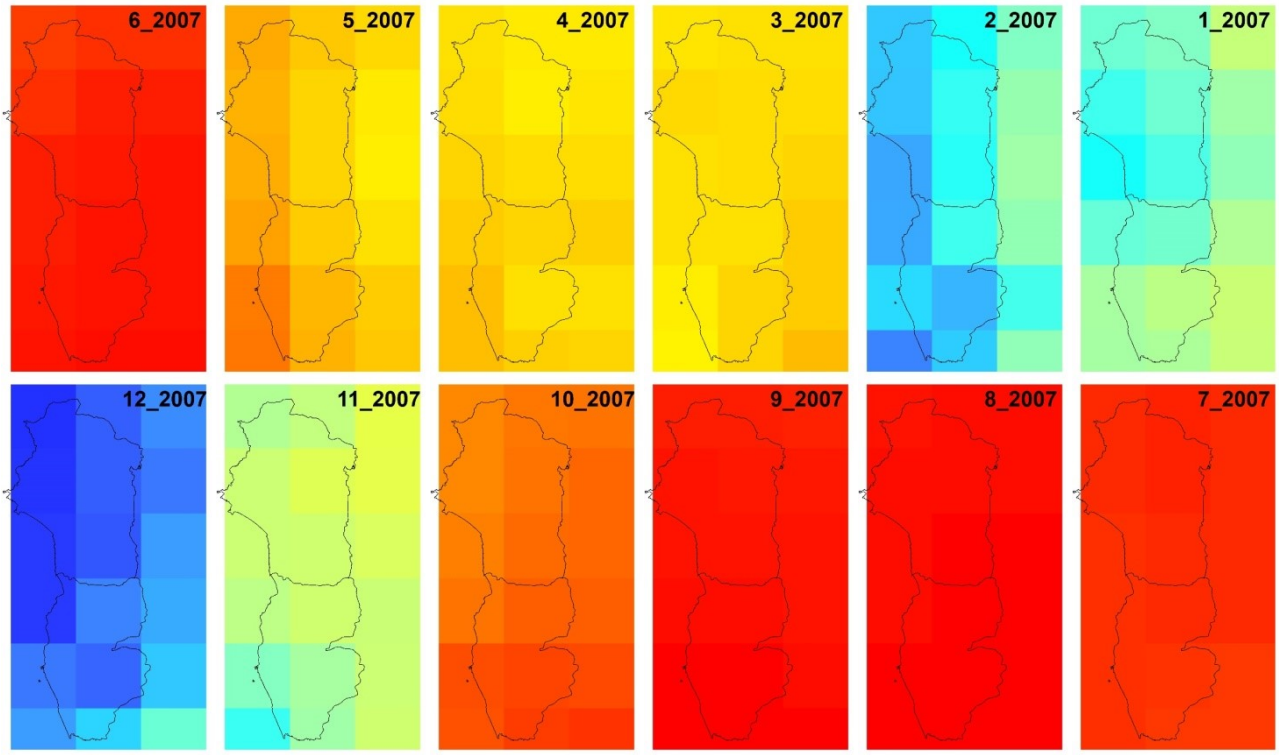


الشكل (24) خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0–10) سم لمنطقة الدراسة لعام 2006

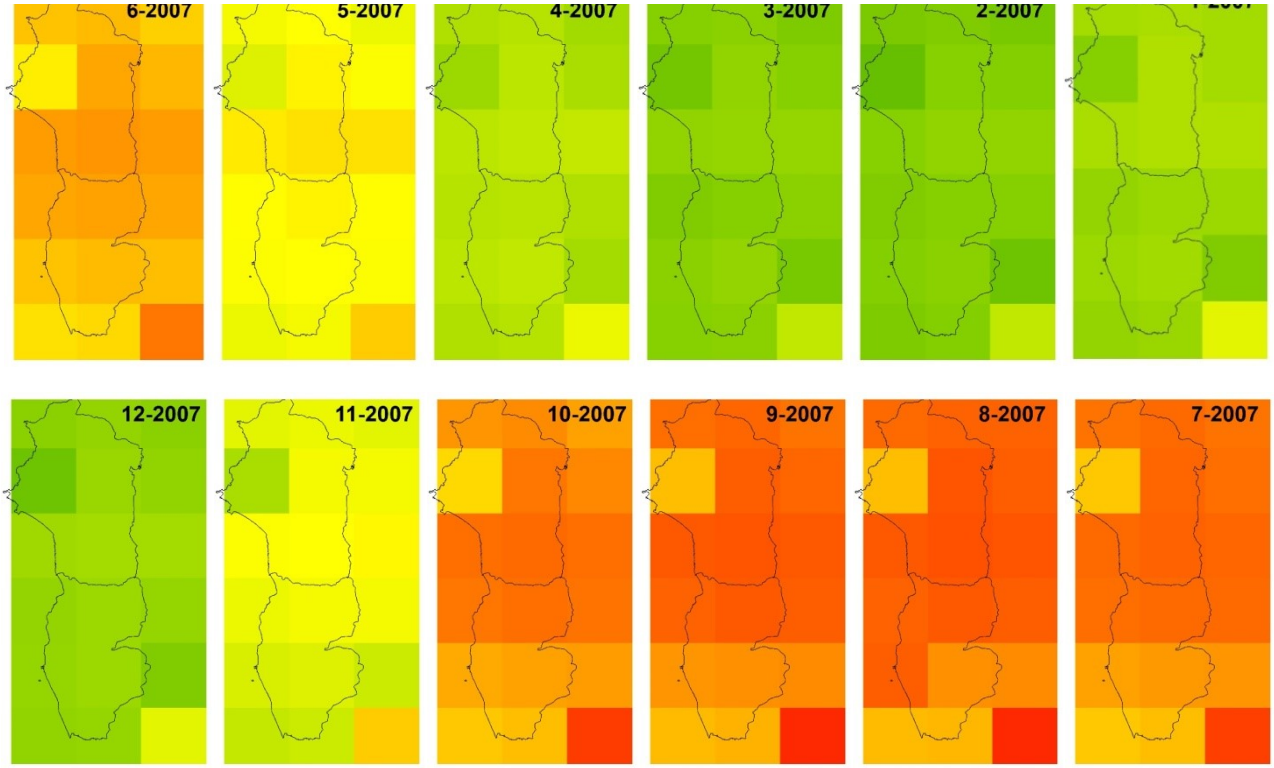


الشكل (25) المتوسط الشهري للهطل المطري والرطوبة الأرضية للطبقة السطحية للبيكسلات المدروسة لعام 2006

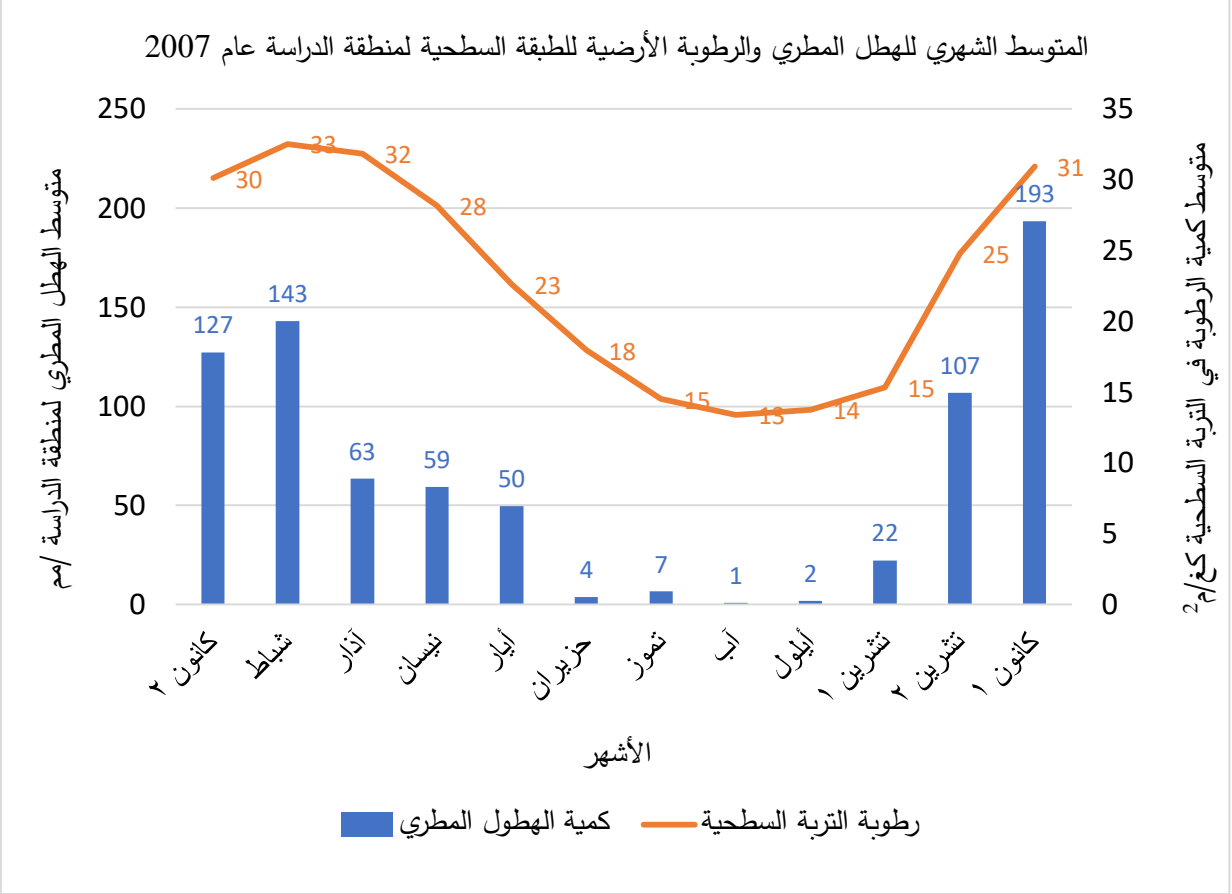
تبين من خرائط الهطل المطري لعام 2007 الشكل (26) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام تركز خلال الأشهر (1- 2- 11- 12) في حين هطلت أمطار متفرقة في الشهرين الخامس والسادس وانعدمت تقريبا في الشهرين السابع والثامن وهما شهري فصل الصيف وارتفاع درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 28) قيم متوسط الهطل المطري الشهرية للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2007 فقد كان أعلى متوسط مطري في الأشهر 12 و 2 و 1 و 11 بقيم 193 و143 و127 و107 مم على التوالي ومتوسط هطل مطري معدوم في الشهر 8 بقيمة 1 مم ويلاحظ من خرائط الرطوبة الأرضية السطحية المنتجة عام 2007 الشكل (27) ارتفاع الرطوبة الأرضية السطحية خلال الأشهر (2 و3 و12 و1 و4) ويرجع سبب ارتفاعها في الشهر الثالث والرابع للهطل المطري في الأشهر السابقة الموضحة في الشكل (26) و متوسطاتها في الشكل (28) . يوضح الشكل (28) أن أعلى متوسط شهري للرطوبة السطحية الأرضية كان في الأشهر 2 و3 و12 و1 و4 بقيم 33 و32 و31 و30 و28 كغ/ م^2 على التوالي و أقلها في الأشهر 8 و9 و 7 بقيم 13 و14 و15 كغ/ م^2 على التوالي.



الشكل (26) خرائط الهطل المطري لمنطقة الدراسة لعام 2007



الشكل (27) خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0–10) سم لمنطقة الدراسة لعام 2007

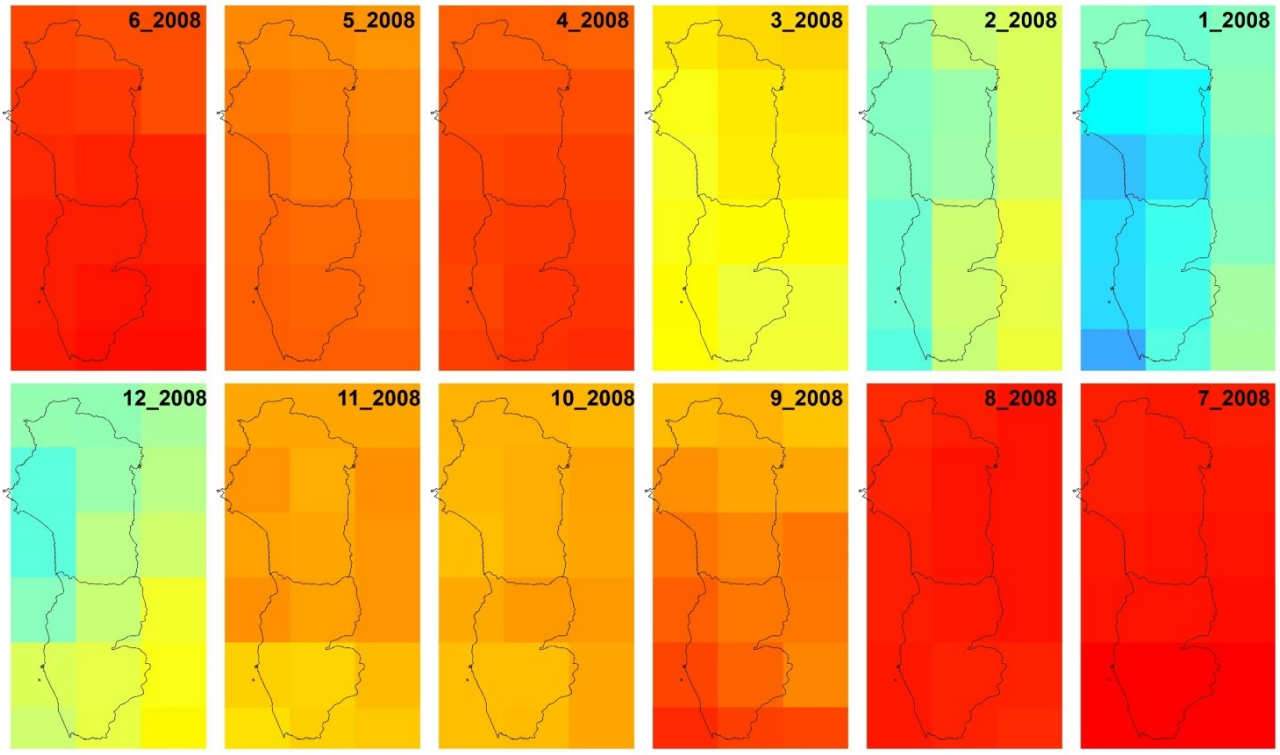


الشكل (28) المتوسط الشهري للهطل المطري والرطوبة الأرضية للطبقة السطحية للبيكسلات المدروسة لعام 2007

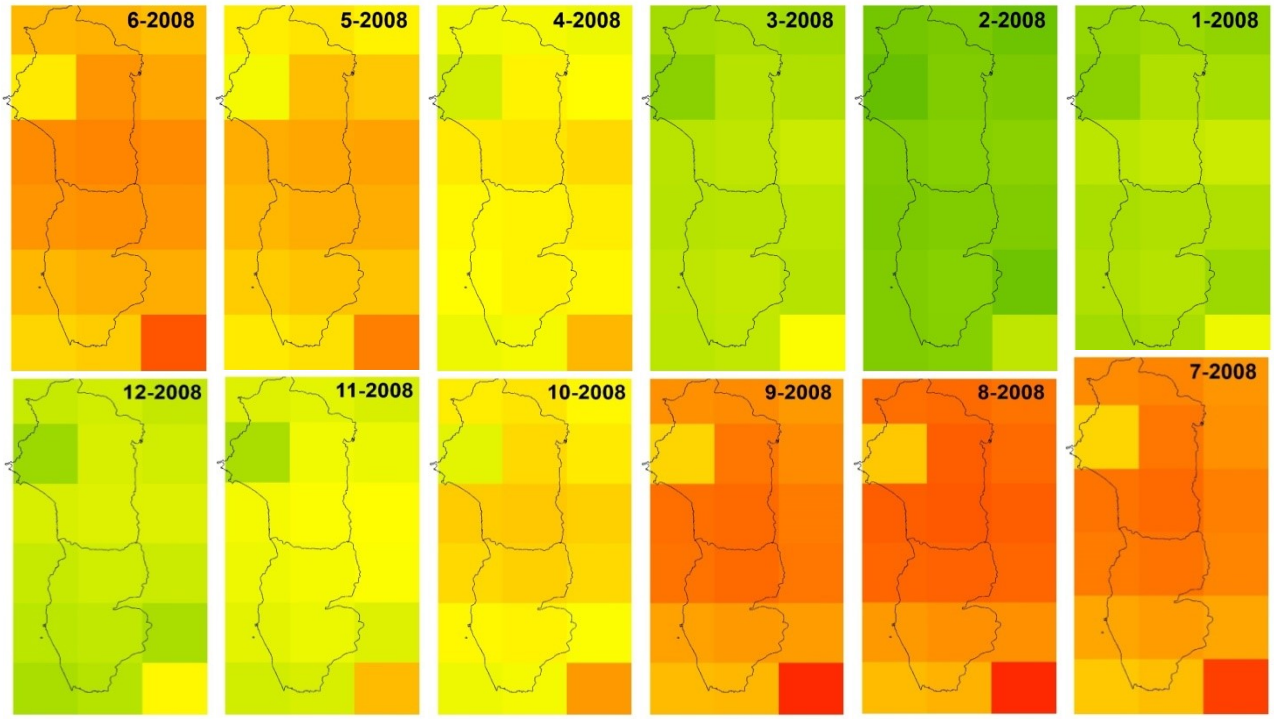
يلاحظ من خرائط الهطل المطرية لعام 2008 الشكل (29) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام تراجع إلى حد كبير من حيث الكمية والتوزع فقد تركز هطل الأمطار خلال الأشهر (1- 2- 3- 12) وتراجع بشكل كبير في الشهر الرابع فهي تعد من أشد السنوات جفافاً في سورية ويلاحظ من الشكل (29) تحسن الهطل ولكن ليس تحسنا كبيرا في الأشهر 10 و11 و 9 و نلاحظ أن شهر 5 أفضل من شهر 4 وانعدمت تقريبا في الأشهر السادس و السابع والثامن حيث يمكن اعتبارها آثار لهطل مطري نتيجة الارتفاع الشديد في درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 31) المتوسط الشهري للهطل المطري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2008 فقد كان أعلى متوسط للهطل في الأشهر 1 و 2 و12 و 3 بقيم 147 و108 و108 و75 مم على التوالي وسجلت آثارا متفرقة للهطل في الشهر 7 والشهر 8 بمتوسط هطل مطري 2 و4 مم على التوالي ويلاحظ توافق في خرائط الرطوبة الأرضية السطحية المنتجة عام 2008 الشكل (30) مع خرائط الهطل المطري حيث توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية السطحية خلال الأشهر

(1 و 2 و 3 و 11 و 12) ويرجع سبب ارتفاعها في الشهر الثالث لأمطار الشهر الثالث و أمطار الشهرين السابقين الموضحة في الشكل (29) و متوسطاتها في الشكل (31) .

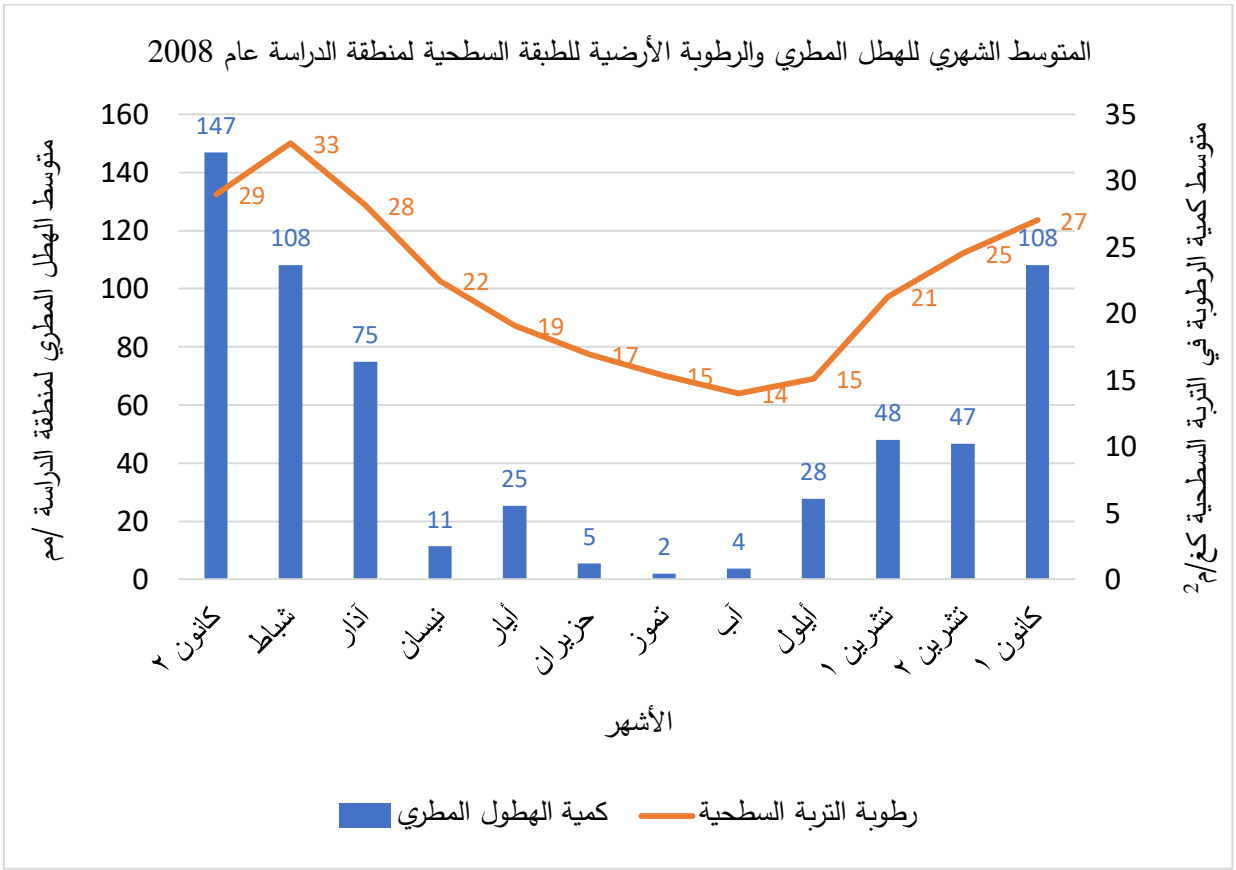
يوضح الشكل (31) أن أعلى متوسط شهري للرطوبة السطحية الأرضية للبيكسلات المدروسة كان في الأشهر 2 و1 و3 و12 و11 بقيم 33 و29 و28 و27 و25 كغ/ م^2 على التوالي و أقلها في الأشهر 8 و9 و7 بقيم 14 و15 و15 كغ/ م^2 على التوالي بالتالي من الملاحظ انخفاض كبير في الهطل المطري والرطوبة السطحية الأرضية خلال أشهر عام 2008 بشكل كبير نتيجة ارتفاع درجات الحرارة حيث تبين أن عام 2008 كان عاما سيئا بالهطل المطري والرطوبة السطحية الأرضية خلال سلسلة الدراسة 2005- 2010 وهي من سنوات الجفاف التي تعرضت لها سوريا.



الشكل (29) خرائط الهطل المطري لمنطقة الدراسة لعام 2008



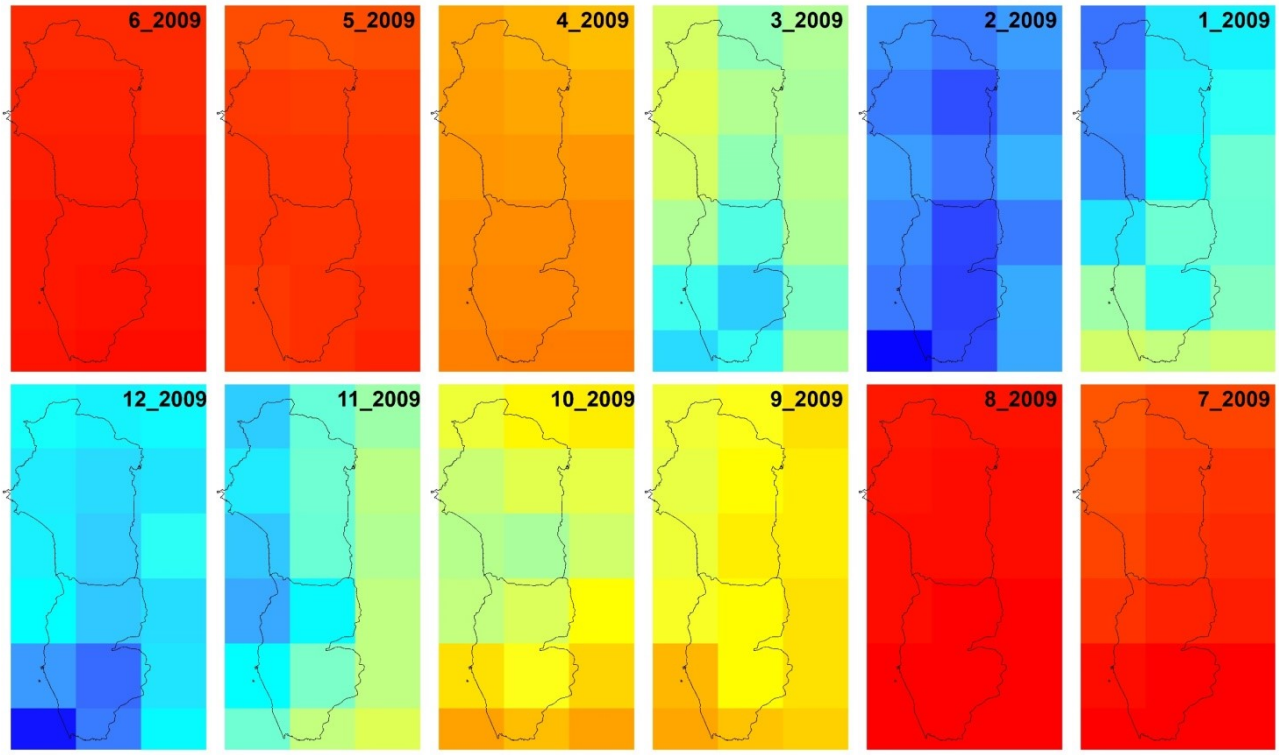
الشكل (30) الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0–10) سم لمنطقة الدراسة لعام 2008



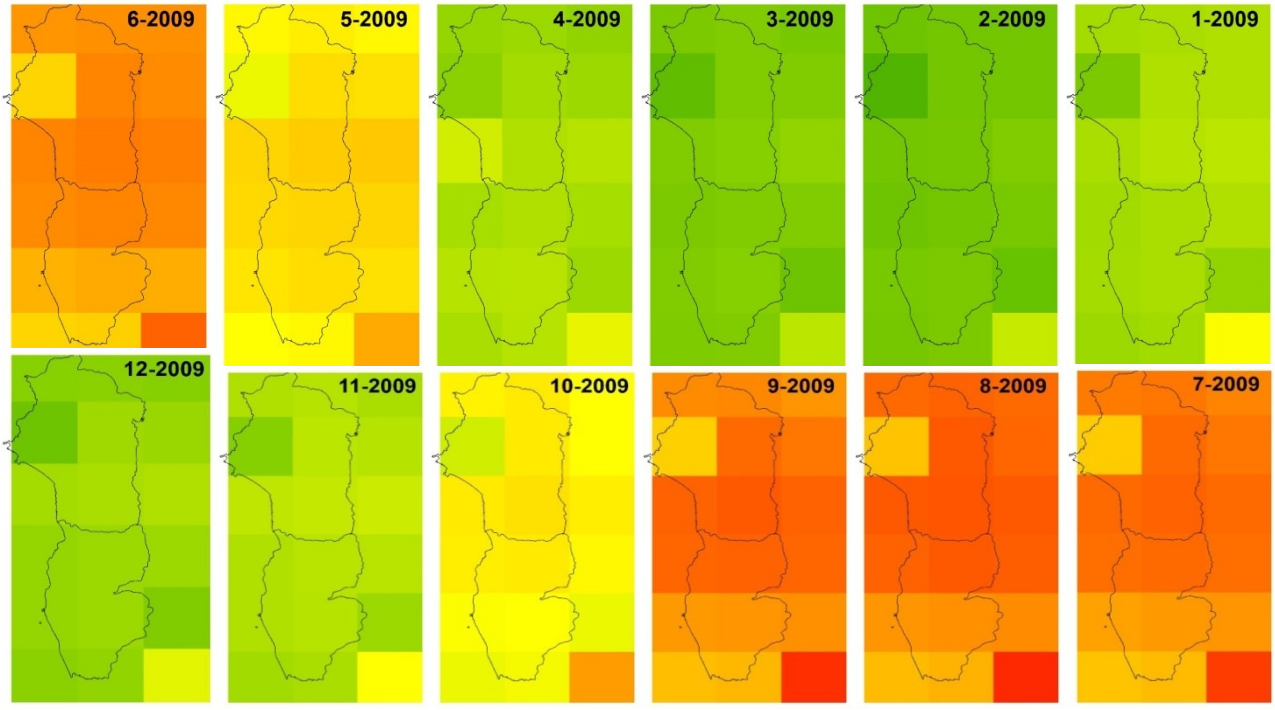
الشكل (31) المتوسط الشهري للهطل المطري والرطوبة الأرضية للطبقة السطحية للبيكسلات المدروسة لعام 2008

يلاحظ من خرائط الهطل المطري لعام 2009 الشكل (32) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام كان جيدا إلى حد كبير من حيث الكمية والتوزع فقد تركز هطل الأمطار خلال الأشهر (1- 2- 3- 9 - 10 - 11- 12) وتراجع في الشهر الرابع وأكثر في الشهر الخامس وانعدم تقريبا في الشهر السادس و السابع و الثامن حيث يمكن اعتبارها آثارا لهطل مطري نتيجة الارتفاع الشديد في درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 34) المتوسط الشهري للهطل المطري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2009 فقد كان أعلى متوسط هطل مطري في الأشهر 2 و12 و1 و11 و3 و10 و9 بقيم 204 و168 و147 و135 و126 و83 و68 مم على التوالي وسجلت آثارا متفرقة للهطل في الشهر 8 و6 و7 بقيم متوسط 1 و3 و7 مم على التوالي ويلاحظ توافق في خرائط الرطوبة الأرضية السطحية المنتجة عام 2009 الشكل (33) مع خرائط الهطل المطري حيث توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية السطحية خلال الأشهر (1 و2 و3 و10 و11 و12) ويرجع سبب ارتفاعها للهطل المطري خلال الأشهر الموضحة في الشكل (32) و متوسطاتها في الشكل (34) .

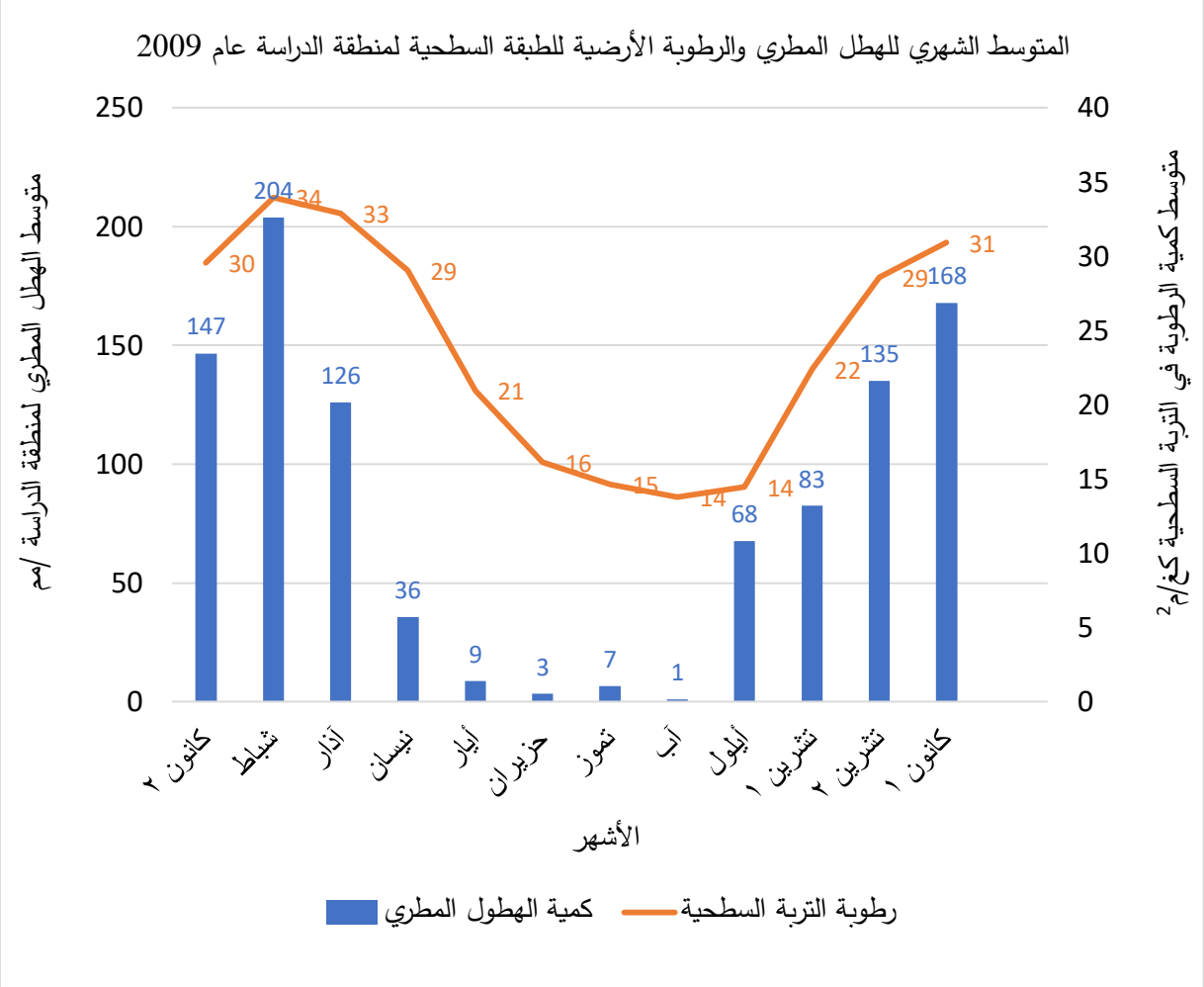
يوضح الشكل (34) أن أعلى متوسط شهري للرطوبة السطحية الأرضية للبيكسلات المدروسة كان في الأشهر 2 و3 و12 و1 و4 و11 و10 بقيم 34 و 33 و31 و30 و29 و29 و22 كغ/ م^2 على التوالي و أقلها في الأشهر 8 و 9 و 7 بقيم 14 و 14 و 15 كغ/ م^2 على التوالي بالتالي من الملاحظ ارتفاع في الأمطار والرطوبة السطحية الأرضية خلال أشهر عام 2009 بشكل كبير حيث يعتبر هذا العام من أفضل أعوام سلسلة الدراسة بالهطل المطري والرطوبة السطحية الأرضية .



الشكل (32) خرائط الهطل المطري لمنطقة الدراسة لعام 2009



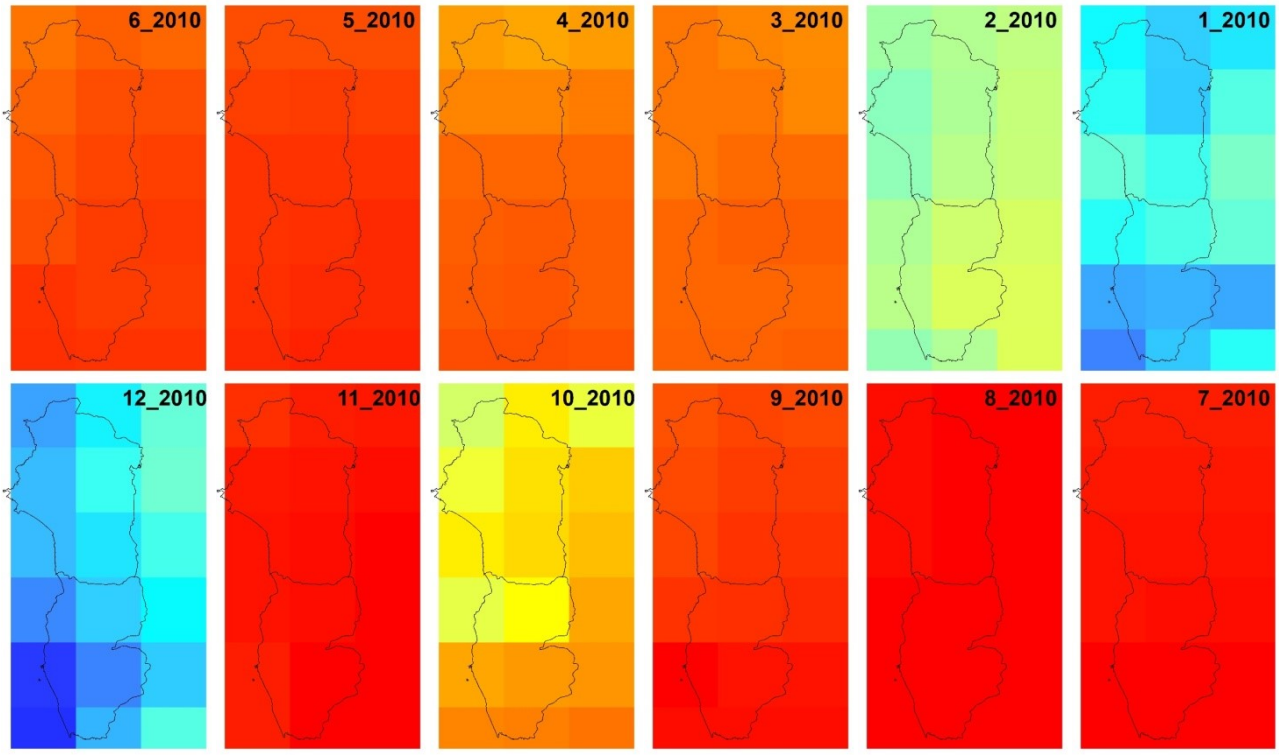
الشكل (33) خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0–10) سم لمنطقة الدراسة لعام2009



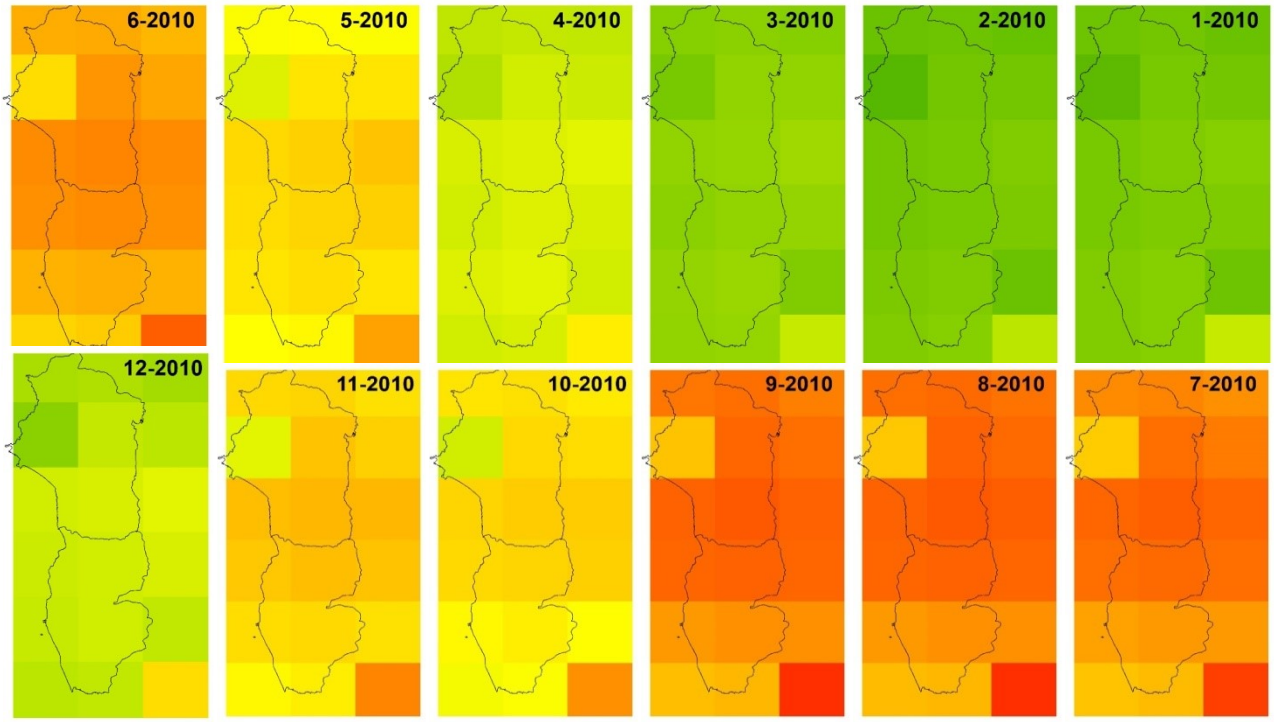
الشكل (34) المتوسط الشهري للهطل المطري والرطوبة الأرضية للطبقة السطحية للبيكسلات المدروسة لعام 2009

يلاحظ من خرائط الهطل المطري لعام 2010 الشكل (35) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الأمطار في هذا العام تراجعت كثيرا من حيث الكمية والتوزع فقد تركز الهطل المطري خلال الأشهر 1- 2- 10-12 مشابهة لعام 2008 وتراجع في الشهرين الثالث و الرابع وأكثر في الشهرين الخامس والسادس وانعدم ليصبح بشكل أثر في أشهر الصيف السابع و الثامن نتيجة الارتفاع الشديد في درجات الحرارة ومن الملفت في الخرائط المنتجة لهذا العام تراجع الهطل المطري بشكل حاد في شهر 11 حيث يبين المخطط البياني (الشكل 37) المتوسط الشهري للهطل المطري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2010 فقد كان أعلى متوسط للهطل المطري في الأشهر 12 و1 و2 و10 بقيم 173 و158 و101 و60 مم على التوالي وأقل قيمة متوسط شهرية مسجلة للهطل في الأشهر 8 و11 و7 و9 و5 و6 بقيم 1 و2 و2 و7 و8 و13 مم على التوالي ويلاحظ توافق في خرائط الرطوبة الأرضية السطحية المنتجة عام 2010 الشكل (36) مع خرائط الهطل المطري حيث توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية السطحية خلال الأشهر (2 و1 و 12) ويرجع سبب ارتفاعها للأمطار الموضحة في الشكل (35) و متوسطاتها في الشكل (37) .

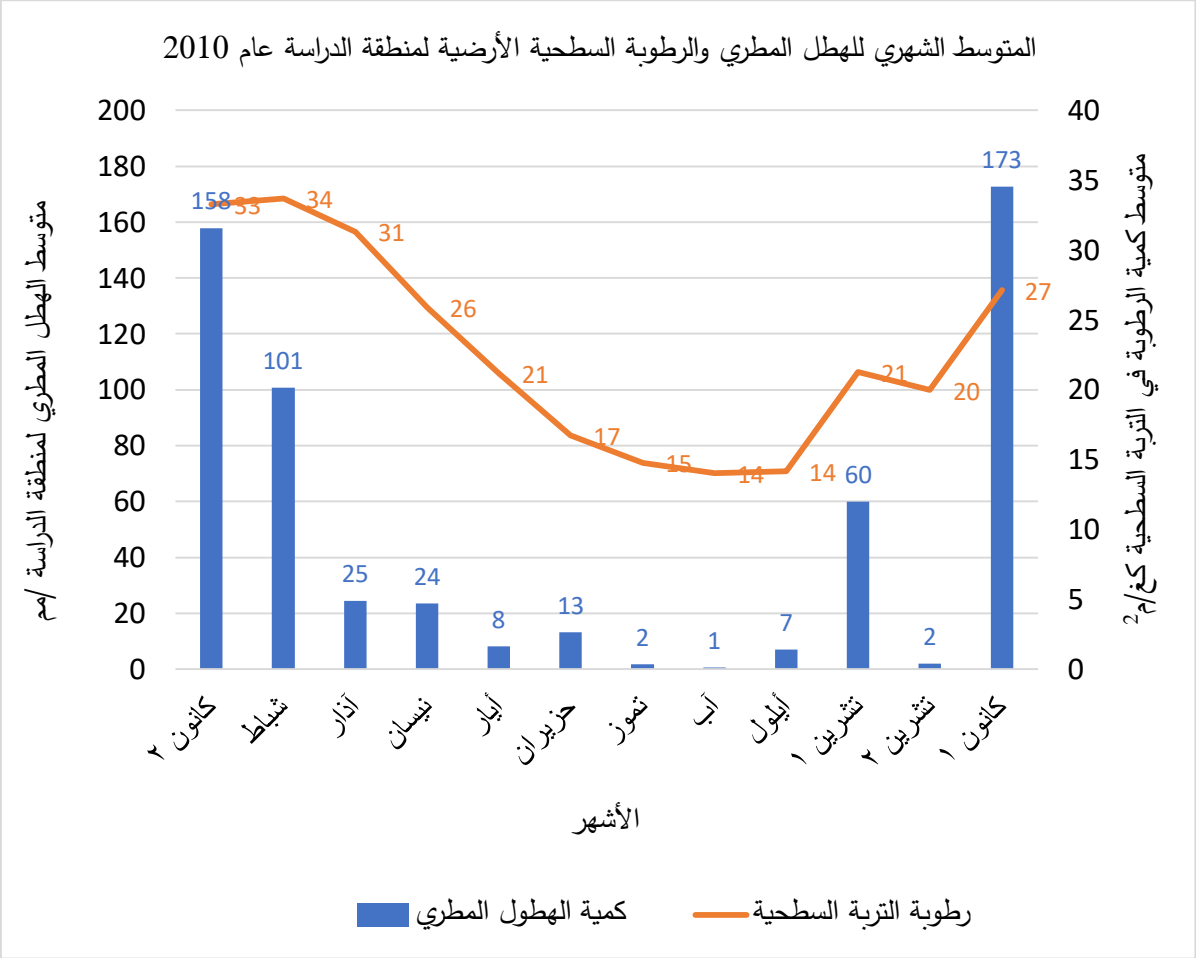
يوضح الشكل (37) أن أعلى متوسط للرطوبة السطحية الأرضية الشهرية للبيكسلات المدروسة كانت في الأشهر 2 و1 و3 و12 بقيم 34 و33 و31 و27 كغ/ م^2 على التوالي و أقلها في الأشهر 8 و9 و7 بقيم 14 و 14 و 15 كغ/ م^2 على التوالي بالتالي من الملاحظ انخفاض حاد وكبير في الهطل المطري وتراجع في الرطوبة السطحية الأرضية وبالتالي نصل لنتيجة من خلال الخرائط المنتجة والمخطط البياني أن عام 2010 في سلسلة الدراسة كان أسوأ عام من ناحية كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية السطحية يليه عام 2008 و أفضل عام كان 2009 يليه 2006 ثم 2007 ثم 2005 .



الشكل (35) خرائط الهطل المطري لمنطقة الدراسة لعام2010



الشكل (36) خرائط الرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0– 10) سم لمنطقة الدراسة لعام2010



الشكل (37) المتوسط الشهري للهطل المطري والرطوبة الأرضية للطبقة السطحية للنقاط المدروسة لعام 2010

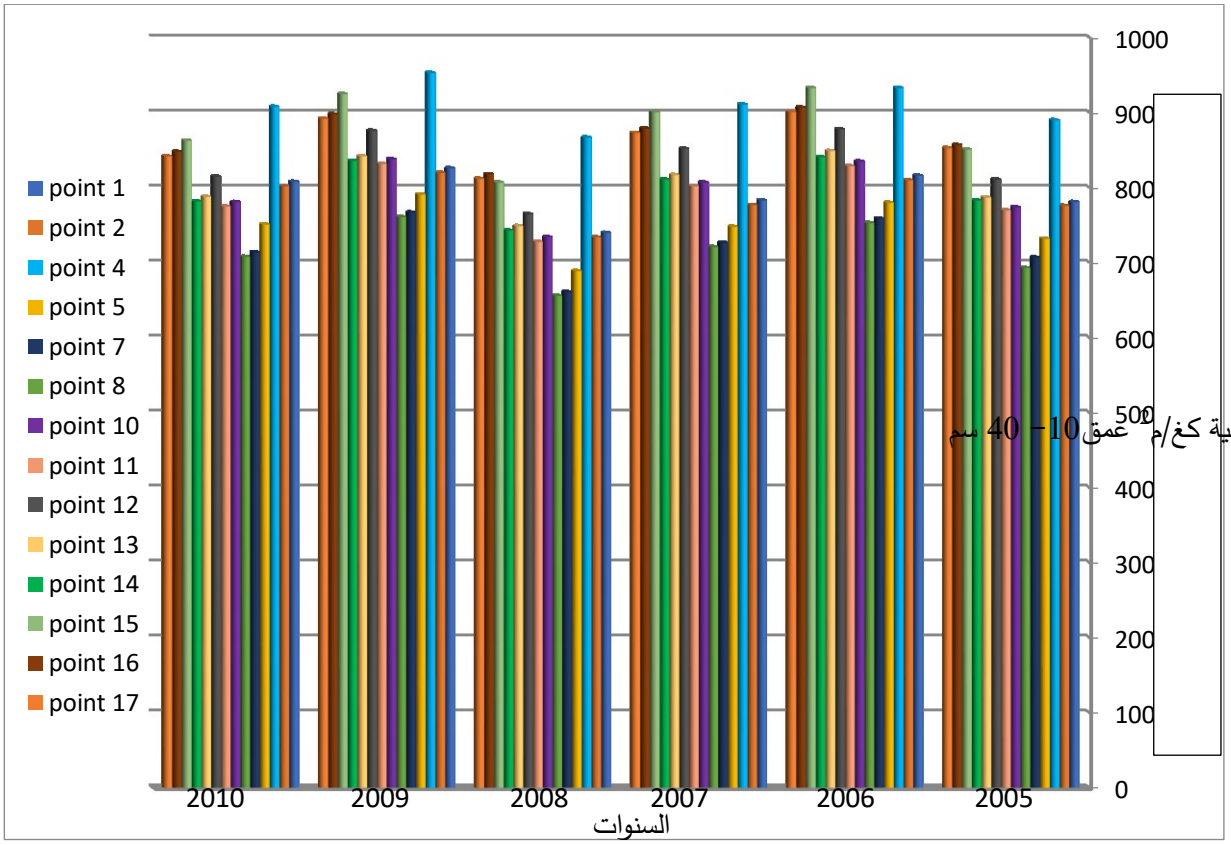
3-4 انتاج خرائط الرطوبة الأرضية لعمق (10- 40 سم) :

تم انتاج خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 40 سم في منطقة الساحل السوري (محافظتي اللاذقية وطرطوس) لكل شهر خلال السلسلة الزمنية 2005 – 2010 حيث يلاحظ أن أكبر كمية للرطوبة الأرضية في هذا العمق تتركز في أشهر كانون الثاني وشباط وآذار ونيسان وكانون الأول على الرغم من ملاحظة تذبذب الهطل المطري في الشهرين الثالث و الرابع في النقاط المدروسة حيث تطرأ تغيرات في نظام رطوبة التربة في نهاية الربيع / بداية الصيف، أما في شهر تشرين الثاني كانت الرطوبة الأرضية في النقاط المدروسة منخفضة عدا سنة 2006 و سنة 2009 فقد كانت عالية ، بينت أيضا الخرائط المنتجة أن الرطوبة الأرضية في شهر أيار انخفضت قليلا ولكنها ما زالت عالية نوعا ما رغم قلة الهطل المطري أو انعدامه و قد يعود السبب لتشبع التربة نتيجة أمطار الأشهر السابقة و مسامية التربة إضافة إلى الخاصية الشعرية في منطقة الجذور للنباتات و تبدأ الرطوبة على هذا العمق بالتراجع في شهر حزيران و تنخفض كثيرا في شهري تموز و آب وهما شهري فصل الصيف مقارنة مع الأشهر السابقة ، إضافة إلى ملاحظة أن الرطوبة الأرضية على هذا العمق في شهري أيلول و تشرين الأول تكون قيمتها قريبة من قيمها في أشهر الصيف رغم بداية الموسم المطري و تبدأ بالارتفاع مع بداية شهر تشرين الثاني ، ويلاحظ من الشكل(38) أيضا أن أفضل السنوات احتفاظاً بالرطوبة الأرضية على عمق 40 سم خلال هذه السلسلة الزمنية كانت عام 2009 و2006 و2007 و2005 وأسوأ السنوات تسجيلاً للرطوبة الأرضية على هذا العمق خلال السلسلة الزمنية المدروسة كانت 2008 و2010 بالتالي يمكن القول أن هناك ارتباطا وثيقا و إيجابيا بين الرطوبة الأرضية على عمق 10 سم و الرطوبة الأرضية على عمق 40 سم و كذلك الهطل المطري إضافة إلى تأثير عوامل أخرى مثل نوع التربة و خصائصها الفيزيائية و الكيميائية و عامل الطبوغرافيا و الغطاء النباتي .

يظهر الشكل (38) قيم الرطوبة الأرضية على عمق (10-40) سم للبيكسلات الممثلة لمنطقة الدراسة و هي (1 و 2 و 4 و 5 و 7و 8 و 10 و 11 و 12 و 13 و 14 و 15 و 16 و 17) و لكل سنة في السلسلة الزمنية 2005 – 2010 ، فقيم الرطوبة الأرضية بالنسبة للنقاط الأربعة عشر في السنة الواحدة كانت متقاربة بغض النظر عن موقعها و لكن تختلف الرطوبة الأرضية حسب الشهر من السنة و حسب كمية الهطل المطري و توزعه عليها و أيضا حسب نوع التربة و درجة تشبعها حيث يلاحظ الفرق بين رطوبة أشهر الشتاء و الربيع و رطوبة أشهر الصيف و الخريف ، حيث أن قيم الرطوبة الأرضية بينت أن عامي 2008 و 2010 كانا أقل السنوات تسجيلا للرطوبة الأرضية في حين أن عام 2009 كان الأعلى تسجيلا للرطوبة الأرضية وفق الجدول رقم (5) :

جدول (5) قيم الرطوبة الأرضية (كغ/م^2) على عمق (10–40) سم في النقاط المدروسة لكل سنة من سلسلة الدراسة

العام	نقطة 1	نقطة 2	نقطة 4	نقطة 5	نقطة 7	نقطة 8	نقطة 10	نقطة 11	نقطة 12	نقطة 13	نقطة 14	نقطة 15	نقطة 16	نقطة 17
2005	781	776	890	732	707	693	774	770	811	787	783	851	857	853
2006	816	810	933	780	759	753	835	829	878	849	841	933	907	901
2007	783	777	911	748	727	721	807	802	852	817	811	901	879	873
2008	**740**	**734**	**867**	**689**	**661**	**656**	**734**	**728**	**765**	**749**	**743**	**807**	**818**	**812**
2009	**826**	**820**	**953**	**791**	**767**	**761**	**838**	**832**	**876**	**842**	**836**	**925**	**898**	**892**
2010	**808**	**802**	**908**	**751**	**714**	**708**	**781**	**775**	**815**	**788**	**782**	**863**	**848**	**842**

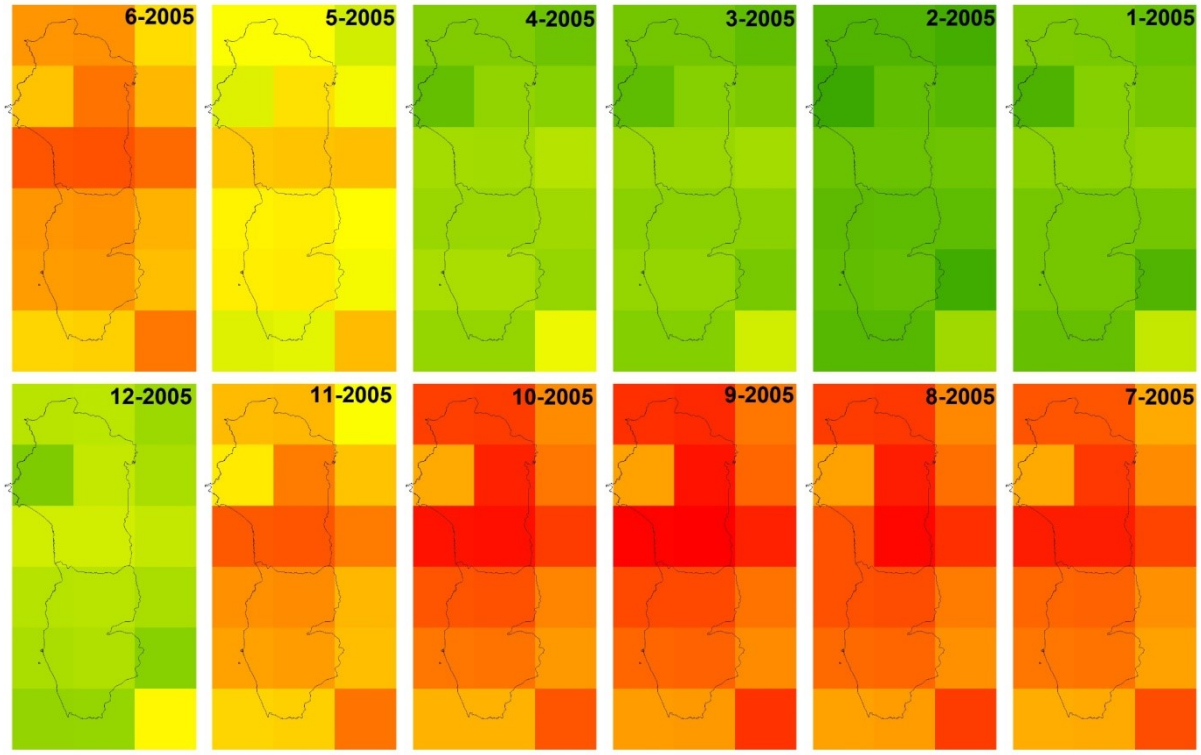


الشكل (38) كمية الرطوبة الأرضية لعمق (10–40) سم في نقاط (بيكسلات) منطقة الدراسة للسلسلة الزمنية 2005–2010

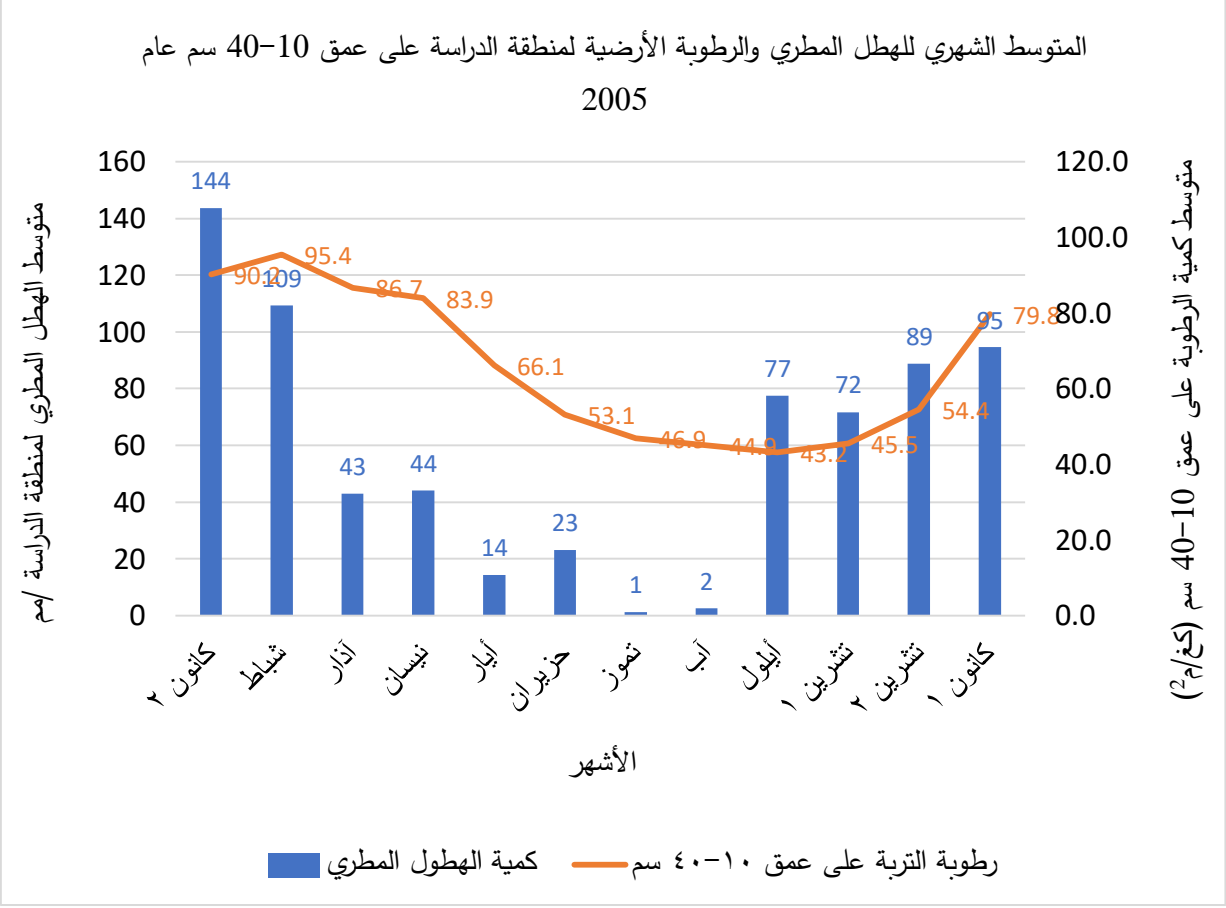
3-5 العلاقة بين كمية الهطل المطري ورطوبة التربة عمق 10–40 سم:

تم انتاج خرائط الهطل المطري وخرائط الرطوبة الأرضية (عمق 40 سم) في منطقة الساحل السوري (محافظتي اللاذقية وطرطوس) للسلسلة الزمنية 2005 – 2010 بشكل شهري لكل سنة على حدا لدراسة العلاقة بين كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على مستوى الشهر.

يلاحظ من خرائط الهطل المطري لعام 2005 الشكل (20) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام تركز خلال الأشهر (1- 2- 9- 10- 11- 12) في حين انخفضت كمية الهطل في الشهرين الثالث والرابع وتراجعت إلى حد كبير في الشهرين الخامس والسادس وانعدمت تقريبا في الشهرين السابع والثامن وهما شهري فصل الصيف وارتفاع درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 40) متوسط كميات الهطل المطري الشهرية للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2005 فقد كان أعلى متوسط مطري للبيكسلات المدروسة في الأشهر 1 و2 و12 و11 و9 و10 بقيم 144 و109 و95 و89 و77 و72 مم على التوالي وسجلت متوسطا يكاد يكون معدوما في الشهر 7 والشهر 8 بقيم 1 و2 مم على التوالي ويلاحظ توافق في خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 40 سم المنتجة عام 2005 الشكل (39) مع خرائط الهطل المطري حيث توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية خلال الأشهر (1 و2) ويرجع سبب ارتفاعها لأمطار هذين الشهرين و تختلف خرائط الرطوبة الأرضية على هذا العمق عن خرائط الأمطار حيث توضح الخرائط وجود رطوبة أرضية في شهري آذار و نيسان و قد يكون السبب نتيجة تشبع التربة من أمطار الأشهر السابقة الموضحة في الشكل (20) وتبدأ بالتراجع في أيار لتنخفض بشكل واضح في أشهر الصيف حزيران و تموز و آب و هي أشهر تراجع الأمطار و انعدامها و كذلك في أشهر الخريف أيلول و تشرين الأول و تعاود للارتفاع بشكل قليل في تشرين الثاني و قد يعود السبب لهطل كميات من الأمطار و تسربها إلى التربة حيث يوضح الشكل (40) أن أعلى متوسط للرطوبة الأرضية الشهرية في البيكسلات المدروسة كانت في الأشهر 2 و1 و3 و4 و 12 بقيم 95.4 و90.2 و86.7 و83.9 و79.8 كغ/ م^2 على التوالي و أقلها أشهر 9 و8 و 10 و 7بمتوسط 43.2 و 44.9 و 45.5 و 46.9 كغ / م^2 على التوالي أما الأشهر5 و6 تشير لرطوبة أرضية أقل من الأشهر التي قبلها وقد يعزى ذلك لتراجع الهطل المطري لأشهر 3 و4 و تعاود ارتفاعها في شهر تشرين الثاني و كانون الأول والفرق بالقيمة بين الشهرين واضح حيث أن القيمة أعلى في شهر كانون الأول نتيجة تشبع التربة من أمطار شهر 9 و 10 و 11 و 12. يلاحظ عدم التوافق بين الرطوبة الأرضية السطحية و الرطوبة الأرضية على عمق 40 سم في الشهر التاسع و العاشر و الحادي عشر حيث تكون الرطوبة السطحية عالية في هذه الأشهر في حين على عمق 40 تكون منخفضة و هذا يعزى إلى الهطل المطري لبداية الموسم حيث تسربت إلى عمق 10 سم في حين لم تكن كافية لتشبع التربة على عمق 40 سم .



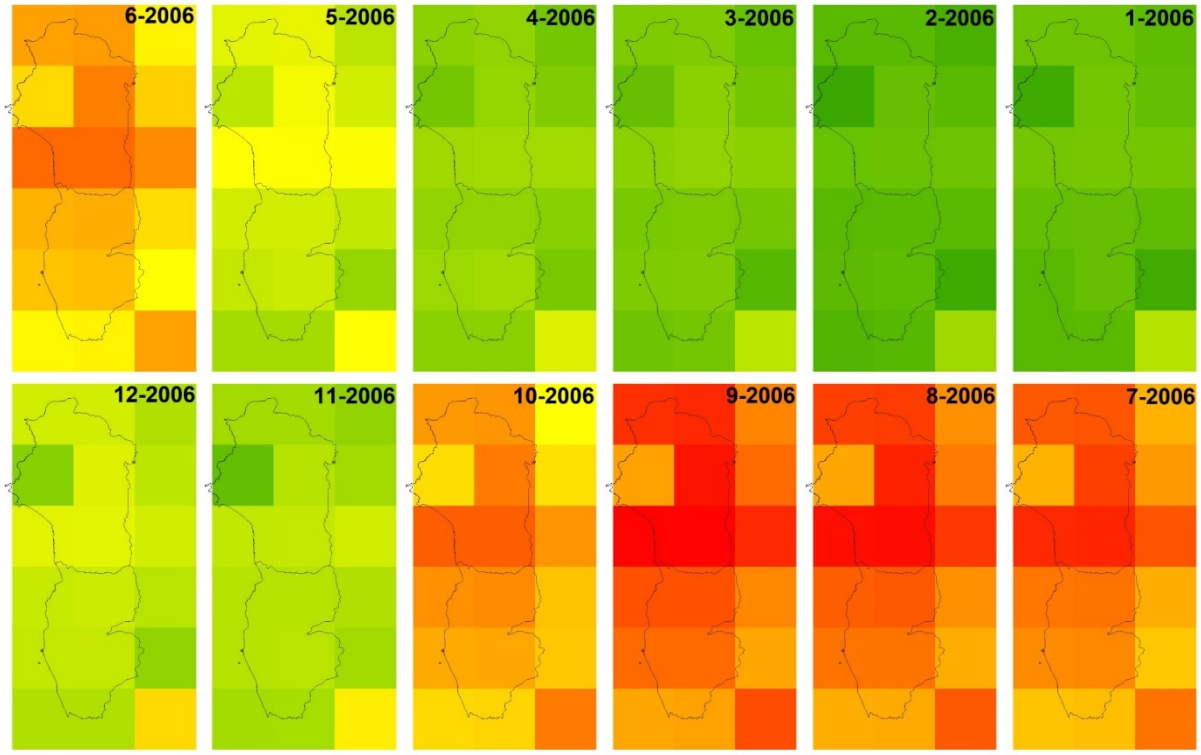
الشكل (39) خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 10–40 سم لمنطقة الدراسة لعام 2005



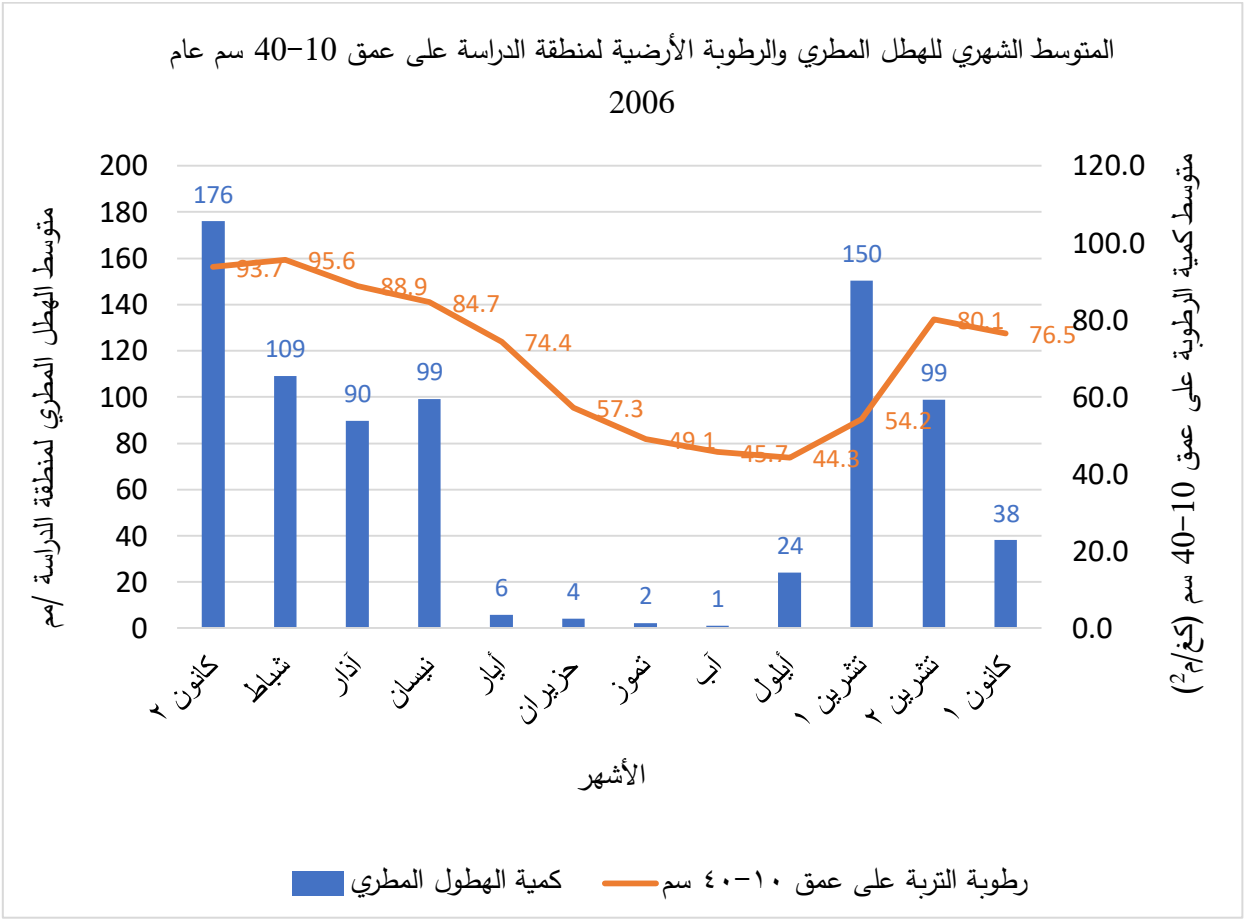
الشكل (40) متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق 10–40 سم للنقاط المدروسة لعام 2005

يلاحظ من خرائط الهطل المطري لعام 2006 الشكل (23) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام تركز خلال الأشهر (1- 2- 3- 4- 10- 11) في حين انخفض وتراجع في الشهرين الخامس والسادس وانعدم تقريبا في الشهرين السابع والثامن وهما شهري فصل الصيف وارتفاع درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 42) متوسط كميات الهطل المطري الشهرية للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2006 فقد كان أعلى متوسط مطري في الأشهر 1 و10 و 2 و 11 و 4 و 3 بقيم 176 و150 و102 و99 و99 و90 مم على التوالي وسجلت متوسطا متراجعا في الشهرين 6 و 5 بقيمة 4 و6 مم على التوالي و هطل مطري معدوم في الشهر 8 والشهر 7 بمتوسط هطل 1 و2 مم على التوالي للنقاط المدروسة ويلاحظ توافق في خرائط الرطوبة الأرضية المنتجة لعمق 40 سم عام 2006 الشكل (41) مع خرائط الهطل المطري حيث توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية خلال الأشهر (1 و 2 و 3 و 4 و 11) للبيكسلات المدروسة ويرجع سبب ارتفاعها في الشهر الثالث والرابع للهطل المطري في هذين الشهرين الموضحة في الشكل (23) و متوسطاتها في الشكل (42) أما بالنسبة لشهر 12 وجود رطوبة أرضية على عمق 40 سم و لكنها متراجعة عن قيمتها في شهر 11 حيث يوضح الشكل (42) أن أعلى متوسط للرطوبة السطحية الأرضية كانت في الأشهر 2 و 1 و 3 و 4 و 11 بقيم 95.6 و 93.7 و 88.9 و 84.7 و 80.1 كغ/ م^2 على التوالي و يمكن اعتبار رطوبة شهر 12 رطوبة متوسطة بقيمة 76.5 و تراجعت نتيجة عدم وجود هطل مطري و أقلها في الأشهر 9 و 8 و 7 بقيم 44.3 و 45.7 و 49.1 كغ/ م^2 على التوالي أما شهر5 هو الشهر الذي بدأت فيه الرطوبة بالتراجع ولكن ما زالت التربة مشبعة من أمطار الشهرين الثالث و الرابع و قيمتها 74.4 و من الشكل (41) يتبين وجود رطوبة أرضية ولكنها متراجعة بسبب تراجع الهطل المطري وقد يكون مصدر هذه الرطوبة احتفاظ التربة بالمياه واستخدام هذا المخزون وهذا ما يفسر انخفاض رطوبة التربة الأرضية بشكل كبير في الشهر السادس و السابع والثامن إضافة إلى ارتفاع درجات الحرارة في هذين الشهرين .

و يلاحظ الاختلاف بين قيم الرطوبة الأرضية على عمق 40 سم في شهر تشرين الثاني من عام 2005 و 2006 حيث أنها كانت عالية لشهر تشرين الثاني من عام 2006.



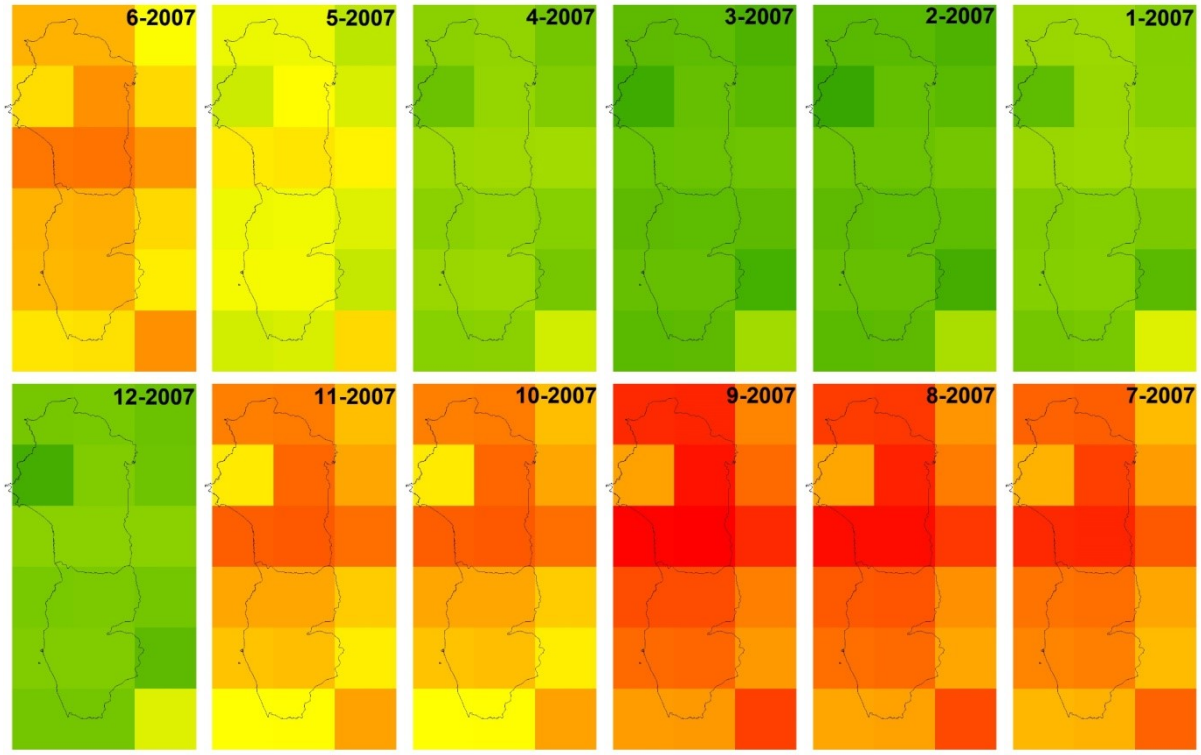
الشكل (41) خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 10–40 سم لمنطقة الدراسة لعام 2006



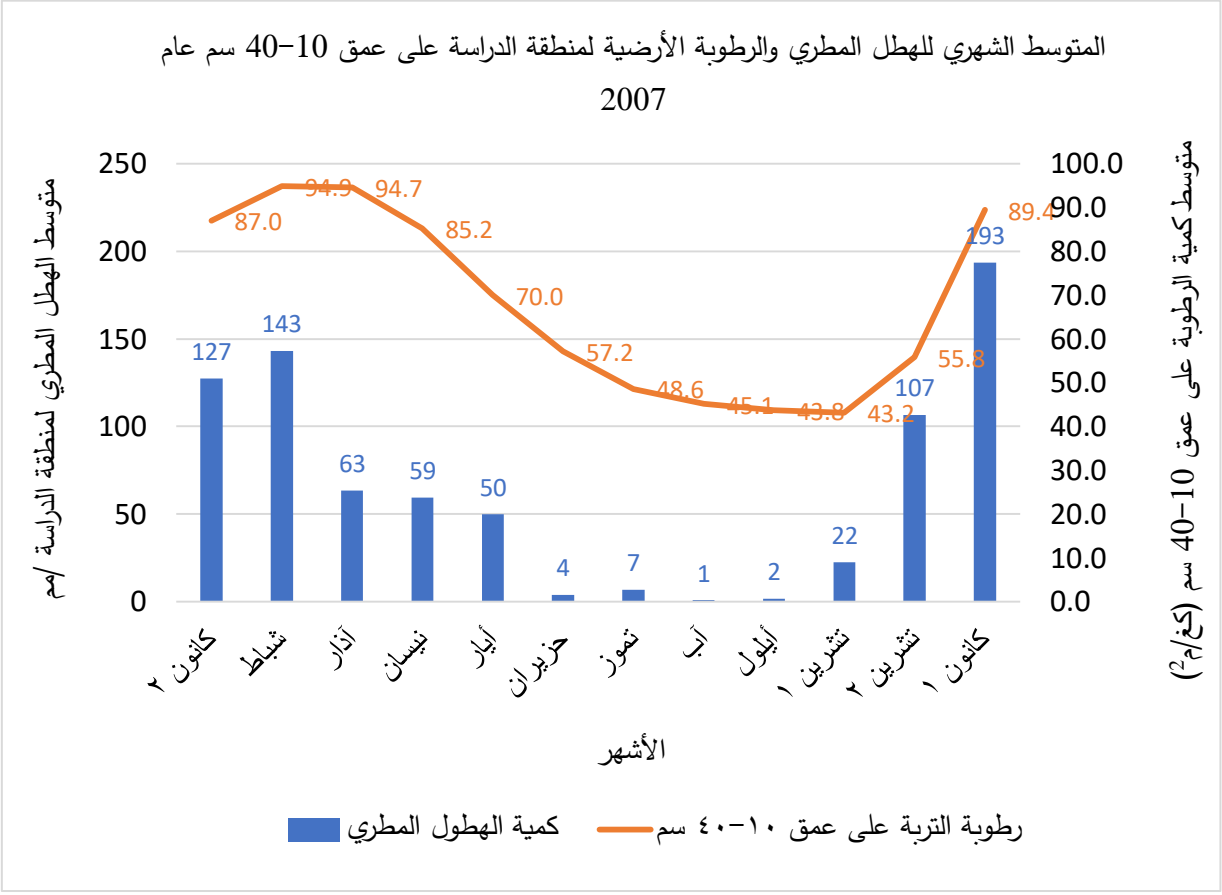
الشكل (42) متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق 10–40 سم للنقاط المدروسة لعام 2006

تبين من خرائط الهطل المطري لعام 2007 الشكل (26) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام تركز خلال الأشهر (1- 2- 11- 12) في حين هطلت أمطار متفرقة في الشهرين الخامس والسادس وانعدمت تقريبا في الشهرين السابع والثامن وهما شهري فصل الصيف وارتفاع درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 44) متوسط كمية الهطل المطري الشهرية للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2007 فقد كان أعلى متوسط مطري في الأشهر 12 و 2 و 1 و 11 بقيم 193 و143 و127 و107 مم على التوالي ومتوسط هطل مطري معدوم في الشهر 8 بقيمة 1 مم ويلاحظ من خرائط الرطوبة الأرضية المنتجة لعمق 40 سم عام 2007 الشكل (43) ارتفاع الرطوبة الأرضية خلال الأشهر (1 و 2 و 12) نتيجة الهطل المطري في هذه الأشهر و تبين خرائط الرطوبة الأرضية المنتجة لهذا العمق ارتفاعها في آذار و نيسان ويرجع سبب ارتفاعها للهطل المطري في الأشهر السابقة الموضحة في الشكل (26) و متوسطاتها في الشكل (44) ، و يوضح هذا الشكل أن أعلى متوسط شهري للرطوبة الأرضية كان في الأشهر 2 و3 و12 و1 و4 بقيم 94.9 و94.7 و89.4 و87 و85.2 كغ/ م^2 على التوالي و تتراجع في أيار و يمكن اعتبارها متوسطة نتيجة انعدام الأمطار و استنزاف التربة لرطوبتها في الأشهر السابقة و أقلها في الأشهر 10 و9 و8 و 7 بقيم 43.2 و43.8 و45.1 و 48.6 كغ/ م^2 على التوالي.

في حين يلاحظ في شهر تشرين الثاني و كانون الأول معاودة الرطوبة الأرضية بدء الارتفاع من جديد و بفارق كبير بين القيمتين ليكون الفرق واضح و بشكل كبير حيث تبين الخرائط المنتجة الرطوبة الأرضية في شهر 12 بشكل واضح.



الشكل (43) خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 10–40 سم لمنطقة الدراسة لعام 2007

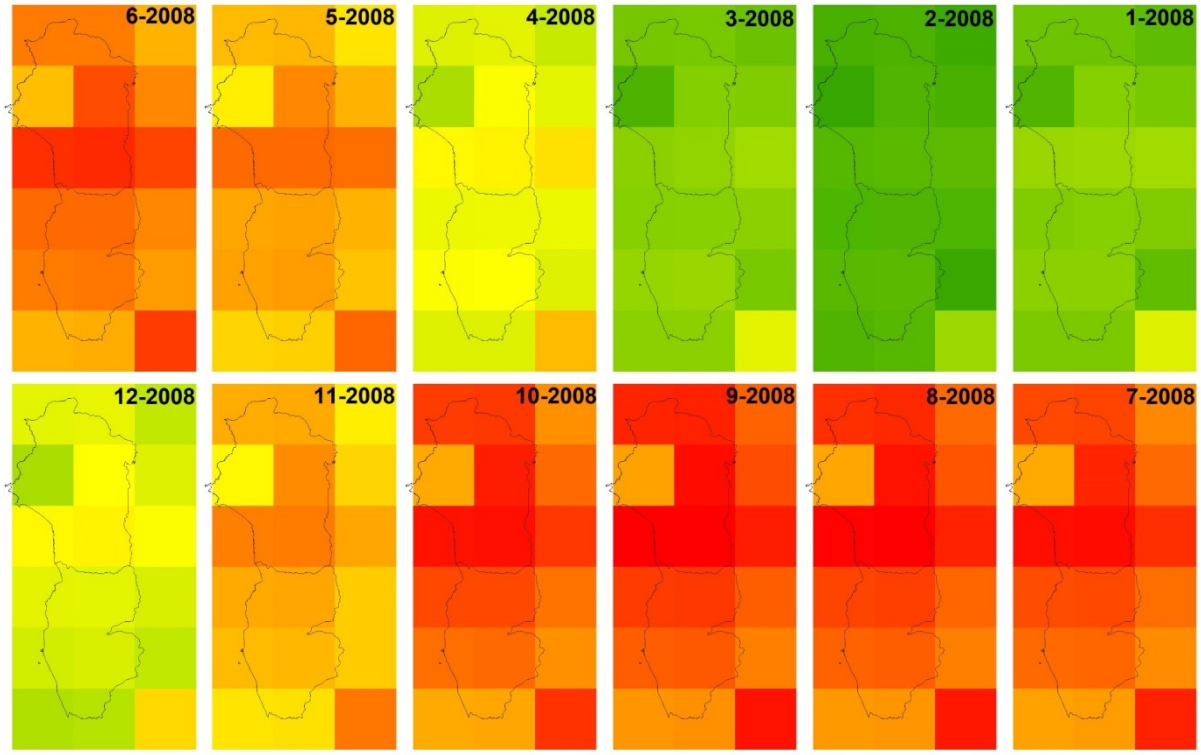


الشكل (44) متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق 10–40 سم للنقاط المدروسة لعام 2007

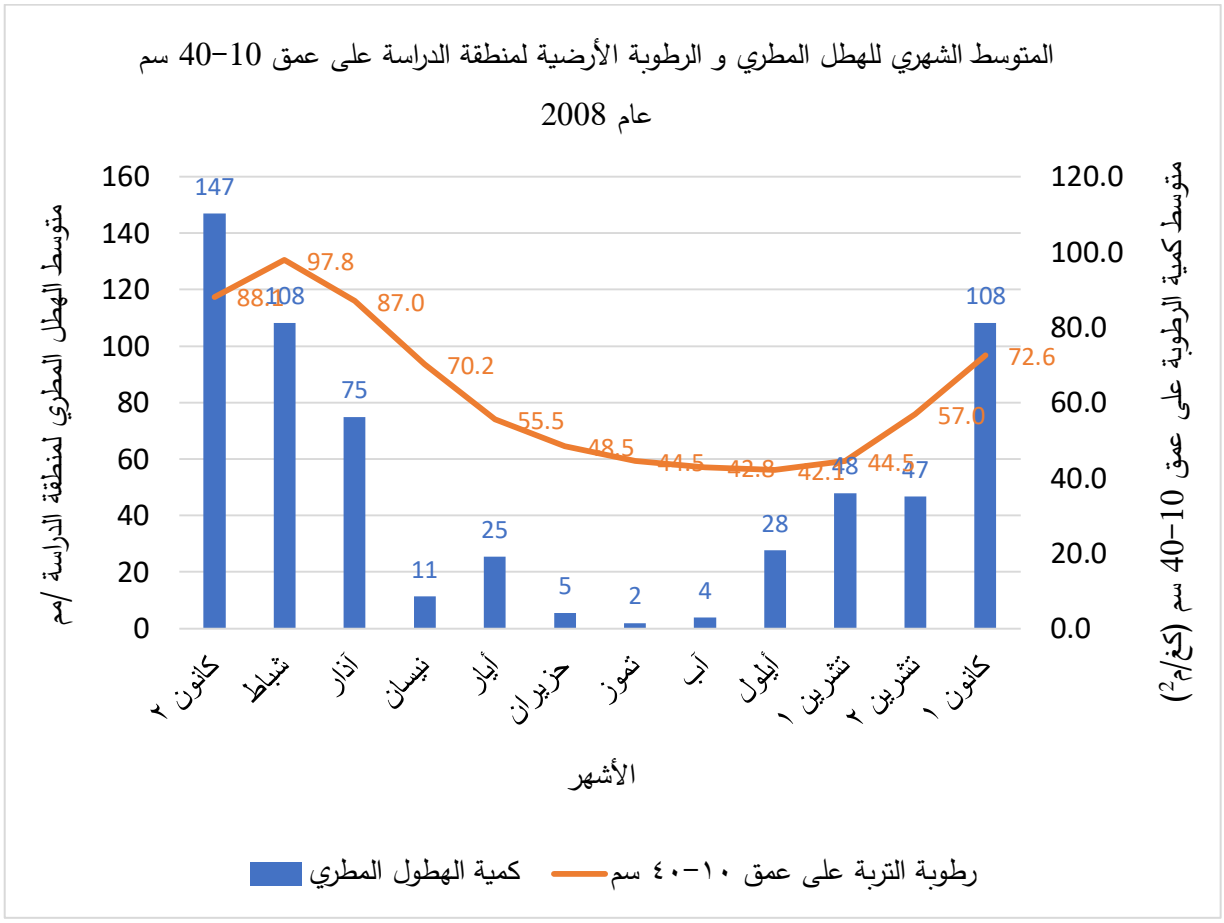
يلاحظ من خرائط الهطل المطري لعام 2008 الشكل (29) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطرية في هذا العام تراجع إلى حد كبير من حيث الكمية والتوزع فقد تركز الهطل المطري خلال الأشهر (1- 2- 3- 12) وتراجع بشكل كبير في الشهر الرابع فهي تعد من أشد السنوات جفافاً في سورية ويلاحظ من الشكل (29) تحسن الهطل ولكن ليس تحسنا كبيرا في الأشهر 10 و11 و 9 و أن شهر 5 أفضل من شهر 4 وانعدم تقريبا في الأشهر السادس و السابع والثامن حيث يمكن اعتبارها آثاراً لهطل مطري نتيجة الارتفاع الشديد في درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 46) متوسط كمية الهطل الشهري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2008 فقد كان أعلى متوسط للهطل المطري في الأشهر 1 و 2 و12 و 3 بقيم 147 و108 و108 و75 مم على التوالي وسجلت آثارا متفرقة لهطل الأمطار في الشهر 7 والشهر 8 بمتوسط هطل مطري 2 و4 مم على التوالي ويلاحظ توافق في خرائط الرطوبة الأرضية المنتجة لعمق 40 سم عام 2008 الشكل (45) مع خرائط الهطل المطري حيث توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية خلال الأشهر (1 و 2 و 3) ويرجع سبب ارتفاعها في الشهر الثالث للهطلات المطرية الموضحة في الشكل (29) و متوسطاتها في الشكل (46) .

يوضح الشكل (46) أن أعلى متوسط شهري للرطوبة السطحية الأرضية للبيكسلات المدروسة كان في الأشهر 2 و1 و3 بقيم 97.8 و88.1 و87 كغ/ م^2 على التوالي و أقلها في الأشهر 9 و 8 و 7 و10 و 6 بقيم 42.1 و42.8 و44.5 و 44.5 و 48.5 كغ/ م^2 على التوالي و التي تعتبر بداية الموسم المطري و أيضا يبين الشكل نفسه أن الرطوبة الأرضية في شهر أيار كانت منخفضة جدا بالنسبة لنفس الشهر مقارنة مع 2005 و 2006 و 2007 .

من الملاحظ انخفاض كبير في كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية خلال أشهر عام 2008 بشكل كبير نتيجة ارتفاع درجات الحرارة حيث تبين أن عام 2008 كان عاما سيئا بالأمطار والرطوبة الأرضية خلال سلسلة الدراسة 2005- 2010 وهي من سنوات الجفاف المناخي والزراعي التي تعرضت لها سوريا.



الشكل (45) خرائط الرطوبة الأرضية بعمق 10–40 سم لمنطقة الدراسة لعام 2008

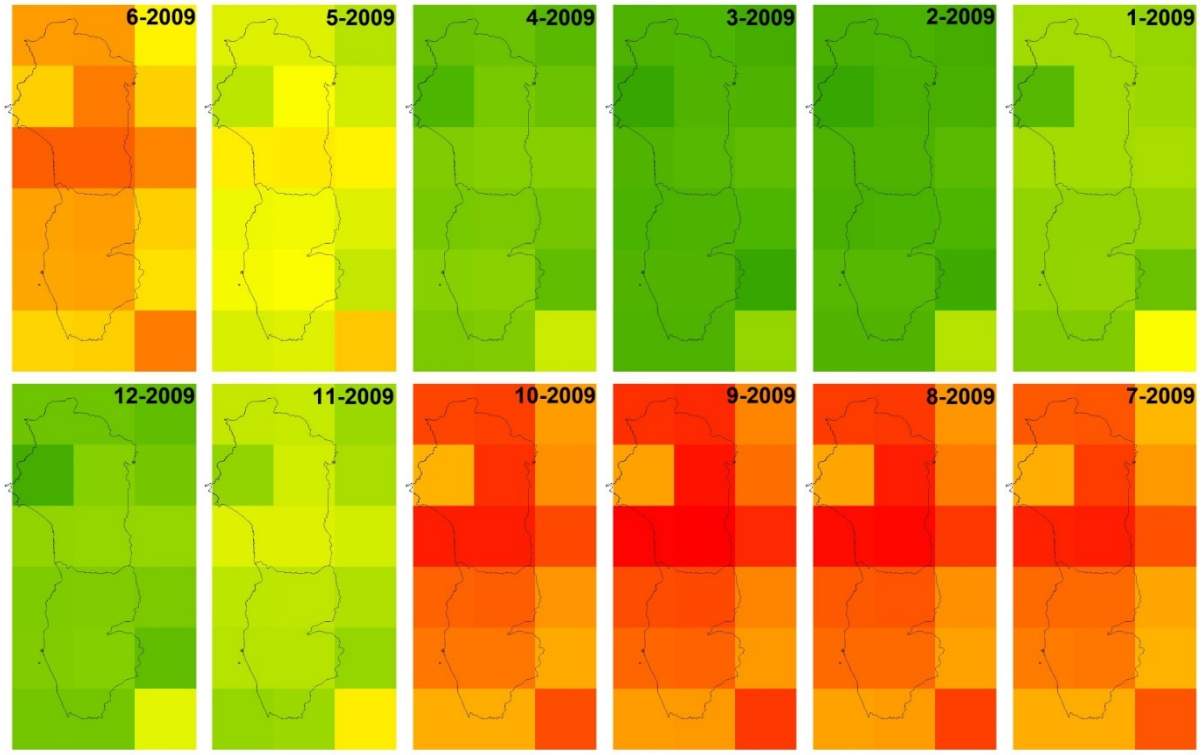


الشكل (46) متوسط كمية الهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق 10–40 سم للنقاط المدروسة لعام 2008

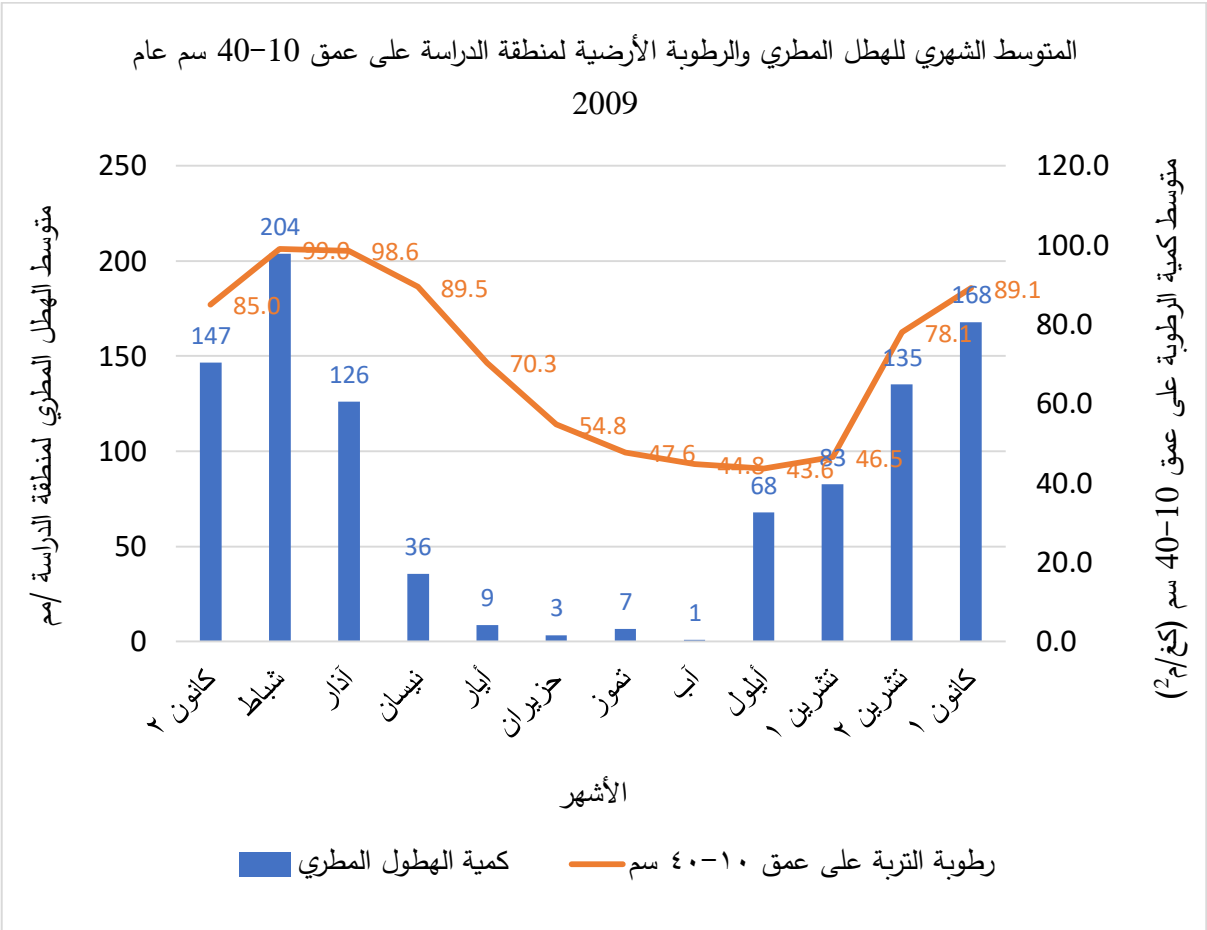
يلاحظ من خرائط الهطل المطري لعام 2009 الشكل (32) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام كانت جيدة إلى حد كبير من حيث الكمية والتوزع فقد تركز الهطل المطري خلال الأشهر (1– 2– 3– 9 – 10 – 11– 12) وتراجع في الشهر الرابع وأكثر في الشهر الخامس وانعدم تقريبا في الشهر السادس و السابع و الثامن حيث يمكن اعتبارها آثارا لهطل مطري نتيجة الارتفاع الشديد في درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 48) المتوسط الشهري للهطل المطري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2009 فقد كان أعلى متوسط هطل مطري في الأشهر 2 و12 و1 و11 و3 و10 و9 بقيم 204 و168 و147 و135 و126 و83 و68 مم على التوالي وسجلت آثارا متفرقة للهطل المطري في الشهر 8 و6 و7 بقيم متوسط 1 و3 و7 مم على التوالي ويلاحظ توافق في خرائط الرطوبة الأرضية المنتجة لعمق 40 سم عام 2009 الشكل (47) مع خرائط الهطل المطري حيث توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية خلال الأشهر (1 و2 و3 4 و12) ويرجع سبب ارتفاعها للأمطار الموضحة في الشكل (32) و متوسطاتها في الشكل (48) .

يوضح الشكل (48) أن أعلى متوسط شهري للرطوبة الأرضية للبيكسلات المدروسة كان في الأشهر 2 و3 و 4 و12 و1 بقيم 99 و 98.6 و89.5 و89.1 و85 كغ/ م^2 على التوالي و أقلها في الأشهر 9 و 8 و 10 و 7 بقيم 43.6 و 44.8 و 46.5 و 47.6 كغ/ م^2 على التوالي أما في شهر أيار فيلاحظ انخفاضها بشكل كبير عن شهر نيسان ليصبح متوسط قيمتها (70.3) كغ/م^2 و تنخفض أكثر في شهر حزيران لتصبح أدنى قيمها في أشهر الصيف و شهر أيلول .

ثم تبدأ ارتفاعها في شهر تشرين الثاني بشكل كبير نتيجة الهطل المطري في الأشهر السابقة للشهر العاشر و كذلك ترتفع بشكل كبير جدا في شهر كانون الأول بالتالي من الملاحظ ارتفاع في كمية الأمطار والرطوبة الأرضية خلال أشهر عام 2009 بشكل كبير حيث يعتبر هذا العام من أفضل أعوام سلسلة الدراسة بالهطل المطري والرطوبة الأرضية لعمق 40 سم .



الشكل (47) خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 10–40 سم لمنطقة الدراسة لعام 2009



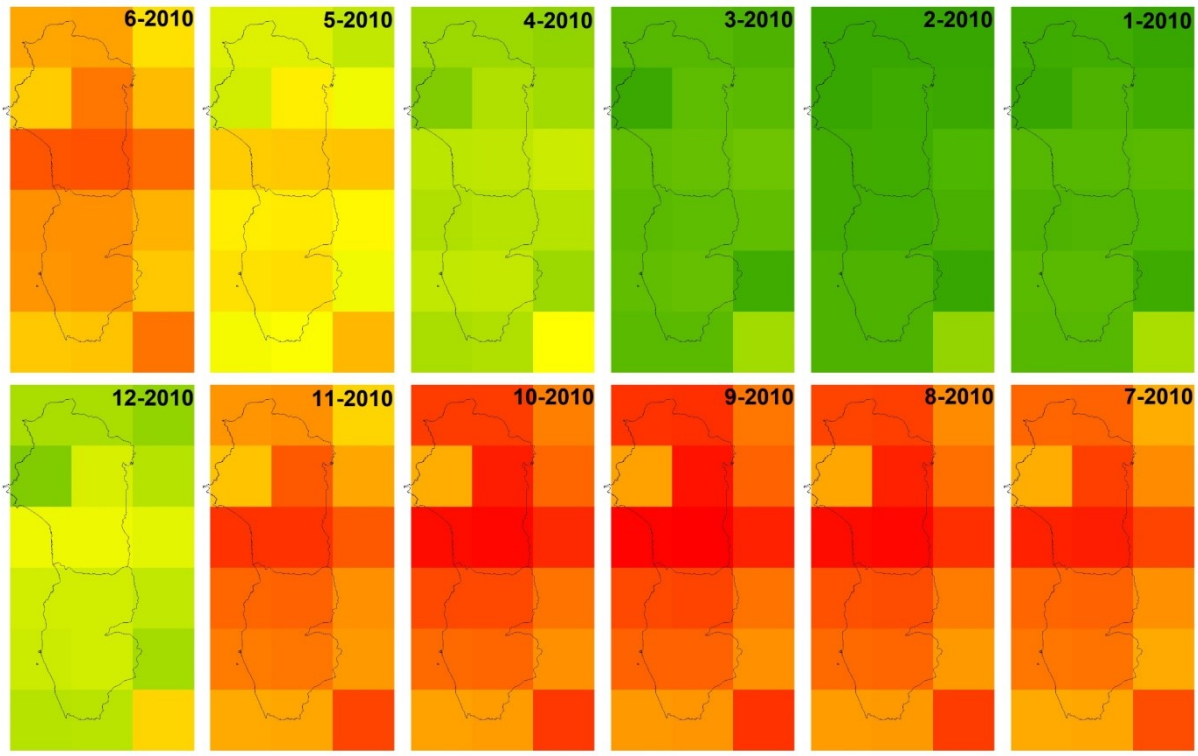
الشكل (48) متوسط كمية الهطل المطري و الرطوبة الأرضية على عمق 10–40 سم للنقاط المدروسة لعام 2009

يلاحظ من خرائط الهطل المطري لعام 2010 الشكل (35) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام تراجع كثيرا من حيث الكمية والتوزع فقد تركز الهطل المطري خلال الأشهر 1-2- 10-12 مشابهة لعام 2008 وتراجعت في الشهرين الثالث و الرابع وأكثر في الشهرين الخامس والسادس وانعدم ليصبح بشكل أثر في أشهر الصيف السابع و الثامن نتيجة الارتفاع الشديد في درجات الحرارة ومن الملفت في الخرائط المنتجة لهذا العام الشكل (35) تراجع الهطل المطري بشكل حاد في شهر 11 حيث يبين المخطط البياني (الشكل 50) قيمة المتوسط الشهري للهطل المطري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2010 فقد كان أعلى متوسط للهطل المطري في الأشهر 12 و1 و2 و10 بقيم 173 و158 و101 و60 مم على التوالي وأقل قيمة متوسط مسجلة للهطل المطري الشهرية في الأشهر 8 و11 و7 و9 و5 و6 بقيم 1 و2 و2 و7 و8 و13 مم على التوالي ويلاحظ توافق في خرائط الرطوبة الأرضية المنتجة لعمق 40 سم عام 2010 الشكل (49) مع خرائط الهطل المطري حيث توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية خلال الأشهر (2 و1 و 3 و 4 و 12) ويرجع سبب ارتفاعها للهطلات المطرية الموضحة في الشكل (35) و متوسطاتها في الشكل (50) أما في الشهرين الثالث و الرابع يعزى ارتفاعها إلى احتفاظ التربة بالمياه نتيجة أمطار الأشهر السابقة و المتسربة إلى التربة .

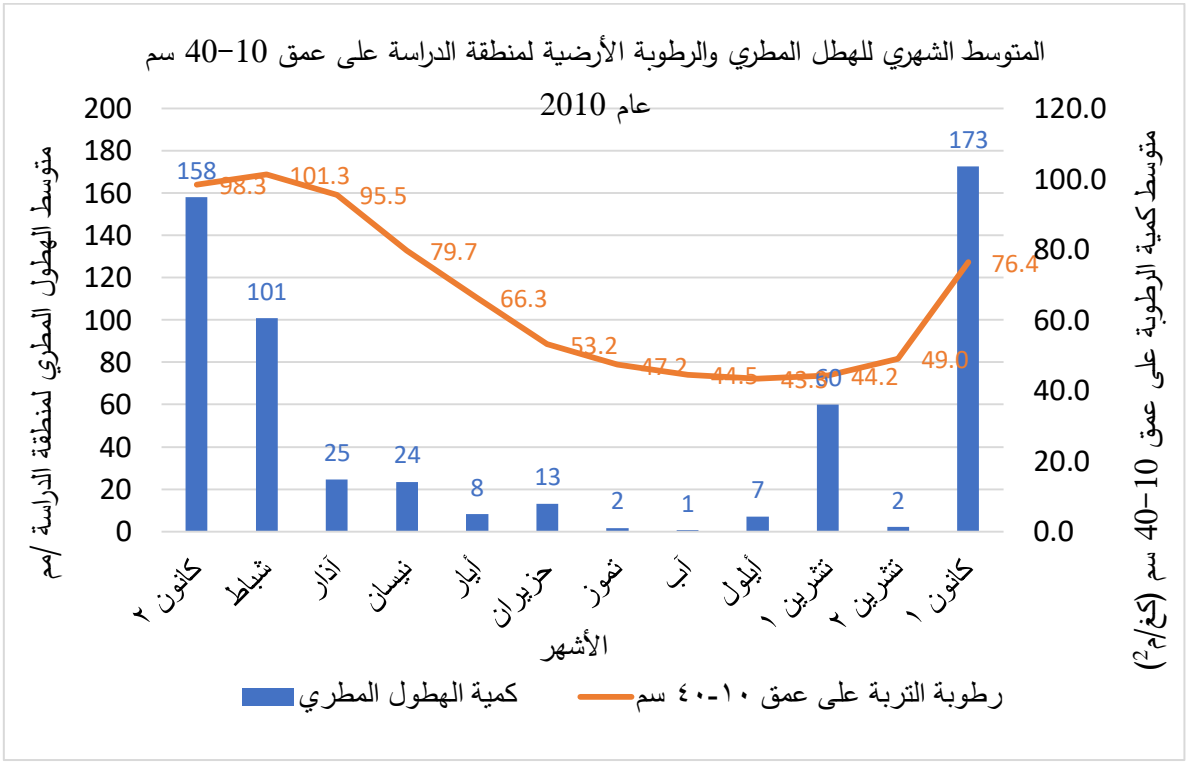
يوضح الشكل (50) أن أعلى متوسط للرطوبة السطحية الأرضية الشهرية للبيكسلات المدروسة كانت في الأشهر 2 و1 و3 و4 و 12 بقيم 101.3 و98.3 و95.5 و79.7 و 76.4 كغ/ م^2 على التوالي و أقلها في الأشهر 9 و10 و8 و7 و11 بقيم 43.3 و 44.2 و 44.5 و47.2 و49 كغ/ م^2 على التوالي بالتالي من الملاحظ انخفاض حاد وكبير في الهطل المطري وتراجع في الرطوبة الأرضية وبالتالي نصل لنتيجة من خلال الخرائط المنتجة والمخطط البياني أن عام 2010 في سلسلة الدراسة كان أسوأ عام من ناحية هطل الأمطار يليه عام 2008 و لكن بالنسبة للرطوبة الأرضية على عمق 40 سم فإن عام 2010 عام جيد من ناحية الرطوبة و لم تتأثر الرطوبة الأرضية لعمق 40 سم بتراجع الهطل المطري حيث يتبين من الجدول رقم (5) أن قيم الرطوبة في النقاط المدروسة لهذا العام أفضل من قيمها للنقاط المدروسة في أعوام أمطارها جيدة .

بعد دراسة الهطل المطري و الرطوبة الأرضية السطحية و الرطوبة الأرضية لعمق 40 سم نصل لنتيجة أن الرطوبة الأرضية على العمقين السابقين متزامنة مع هطل الأمطار و مرتبطة معها بشكل إيجابي ولكن الفرق مع بداية الموسم للهطل في الشهر التاسع و العاشر و الحادي عشر حيث أن السطحية تكون مرتفعة أما على عمق 40 سم تكون منخفضة حيث لا تؤثر فيها كميات الهطل البدائية و لا تتشبع من كميتها التربة في الغالب

إضافة إلى عدم الارتباط المتزامن وبشكل مباشر بين الهطل المطري ورطوبة التربة على عمق 40 سم في عام 2010.



الشكل (49) خرائط الرطوبة الأرضية بعمق 10–40 سم لمنطقة الدراسة لعام 2010



الشكل (50) متوسط كمية الهطل المطري و الرطوبة الأرضية على عمق 10–40 سم للنقاط المدروسة لعام 2010

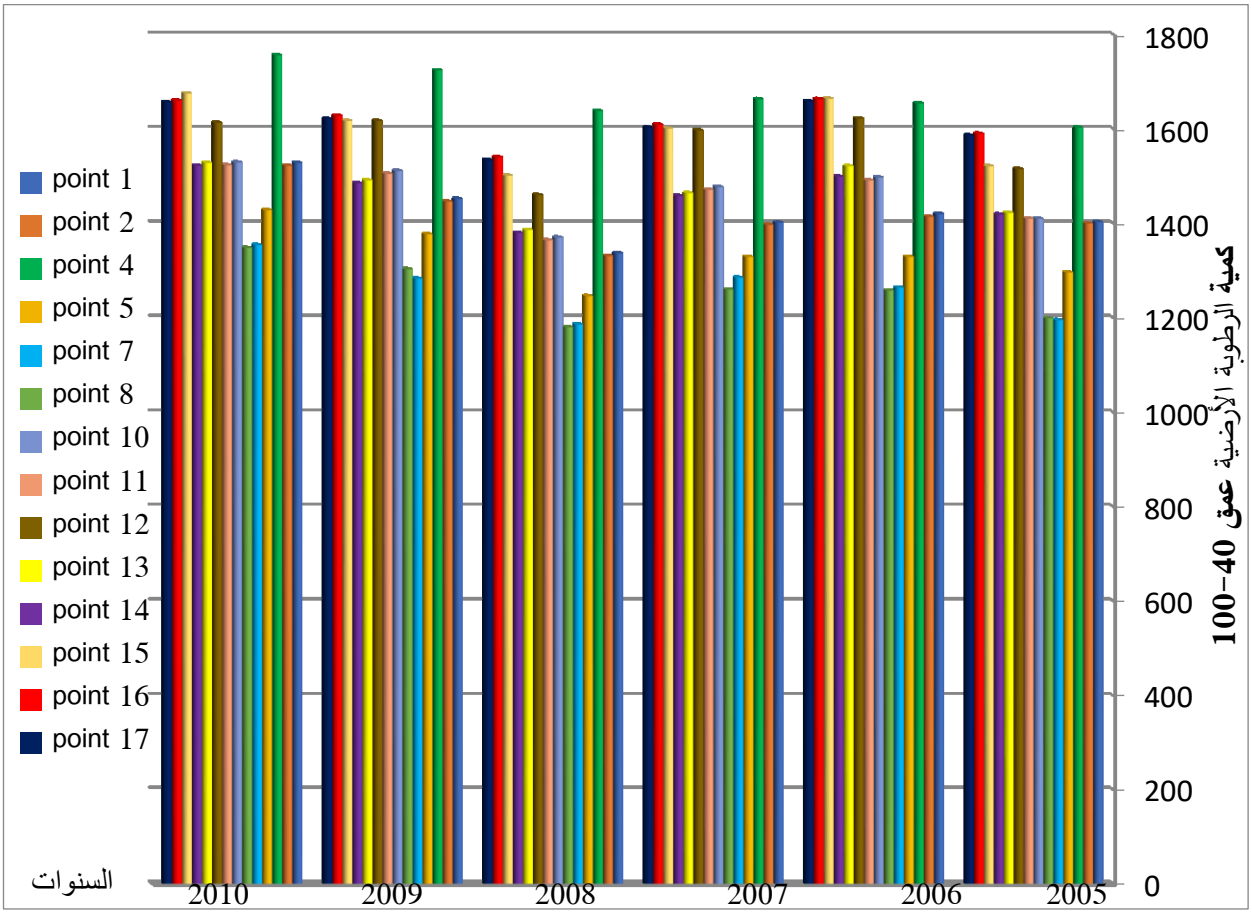
3-6 انتاج خرائط الرطوبة الأرضية لعمق (40 - 100 سم) :

تم انتاج خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 100 سم في منطقة الساحل السوري (محافظتي اللاذقية وطرطوس) لكل شهر خلال السلسلة الزمنية 2005 – 2010 حيث يلاحظ أن أكبر كمية للرطوبة الأرضية في هذا العمق تتركز في أشهر شباط وآذار ونيسان على الرغم من ملاحظة تذبذب الهطل المطري في الشهرين الثالث و الرابع في النقاط المدروسة حيث تطرأ تغيرات في نظام رطوبة التربة في نهاية الربيع / بداية الصيف يؤثر على الرطوبة الأرضية على مختلف الأعماق وكذلك تتركز في شهر كانون الثاني و أيار ولكن بكمية أقل من شباط وآذار ونيسان ، أيضا بينت الخرائط المنتجة أن الرطوبة الأرضية على هذا العمق تبدأ بالتراجع بشكل واضح من حزيران و حتى كانون الأول عدا عام 2007 - 2009 – 2010 ، ويلاحظ من الخرائط المنتجة أيضا أن الرطوبة الأرضية على عمق 100 سم كانت أعلى في عام 2010 - 2009 - 2006 – 2007 وتبدأ بالانخفاض في 2005 والأسوأ في 2008 ، في هذا العام من سلسلة الدراسة كانت الأمطار قليلة و تركزت في أشهر (1 و 2 و 10 و 12) وهو من الأعوام الجافة التي مرت على سوريا ولكن الرطوبة على عمق 100 سم في منطقة الساحل السوري لم تتأثر بالجفاف وكانت الأعلى ضمن سنوات الدراسة يمكن تفسير ذلك انعكاسا لعملية التغذية الراجعة التي تؤثر فيها رطوبة التربة الأولية نتيجة أمطار ورطوبة عام 2009 و التي أثرت على هطل الأمطار لاحقا وبدورها أثرت على رطوبة التربة استنادا إلى الفرضية القائلة بأن توفر الرطوبة السطحية يوفر آلية تغذية مرتدة إضافية مما يساعد على الحفاظ على الظروف الرطبة أو الجافة (Ban et al.1995) .

يظهر الجدول (6) قيم الرطوبة الأرضية للبيكسلات الممثلة لمنطقة الدراسة و هي (1 و 2 و 4 و 5 و 7و 8 و 10 و 11 و 12 و 13 و 14 و 15 و 16 و 17) و لكل سنة في السلسلة الزمنية 2005 – 2010 حيث أن قيم الرطوبة الأرضية بالنسبة للنقاط الأربعة عشر في السنة الواحدة كانت متفاوتة بشكل واضح على عكس الرطوبة السطحية و الرطوبة على عمق 40 سم حيث أثر الموقع و الهطل المطري و توزعه بشكل واضح على القيم و أيضا الاختلاف واضح حسب الشهر من السنة حيث يلاحظ الفرق و التذبذب الواضح بين رطوبة أشهر الشتاء و الربيع و رطوبة أشهر الصيف و الخريف في قيم الرطوبة الأرضية على عمق 100 سم.

جدول (6) قيم الرطوبة الأرضية (كغ/م^2) على عمق (40–100) سم في النقاط المدروسة لكل سنة من سلسلة الدراسة

العام	نقطة 1	نقطة 2	نقطة 4	نقطة 5	نقطة 7	نقطة 8	نقطة 10	نقطة 11	نقطة 12	نقطة 13	نقطة 14	نقطة 15	نقطة 16	نقطة 17
2005	1404	1401	1604	1297	1196	1200	1411	1411	1516	1423	1420	1522	1591	1587
2006	1421	1415	1655	1330	1265	1259	1498	1492	1623	1522	1500	1665	1664	1659
2007	1403	1398	1664	1330	1286	1261	1478	1472	1598	1465	1459	1602	1610	1610
2008	1338	1332	1639	1247	1187	1181	1371	1365	1461	1387	1381	1502	1541	1535
2009	1453	1447	1725	1378	1284	1304	1512	1506	1618	1492	1486	1618	1629	1622
2010	1529	1523	1757	1429	1355	1349	1530	1524	1614	1529	1523	1676	1661	1657

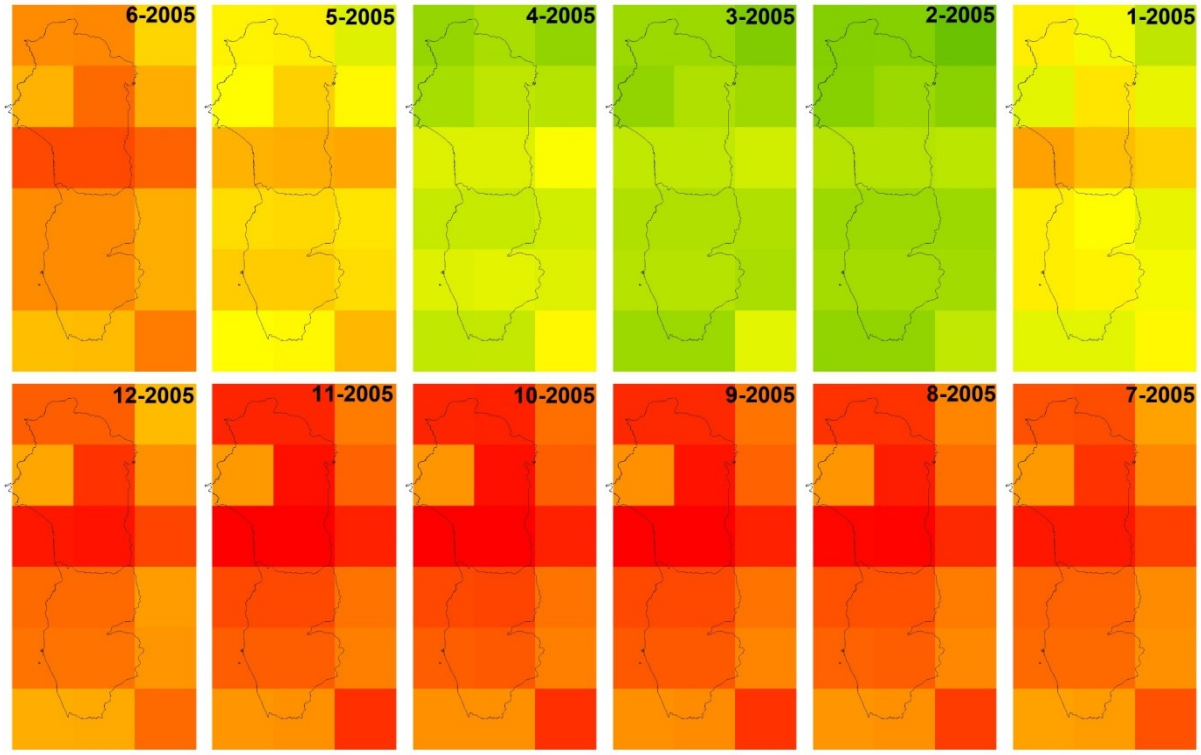


الشكل (51) كمية الرطوبة الأرضية لعمق (40–100) سم في نقاط (بيكسلات) منطقة الدراسة للسلسلة الزمنية 2005–2010

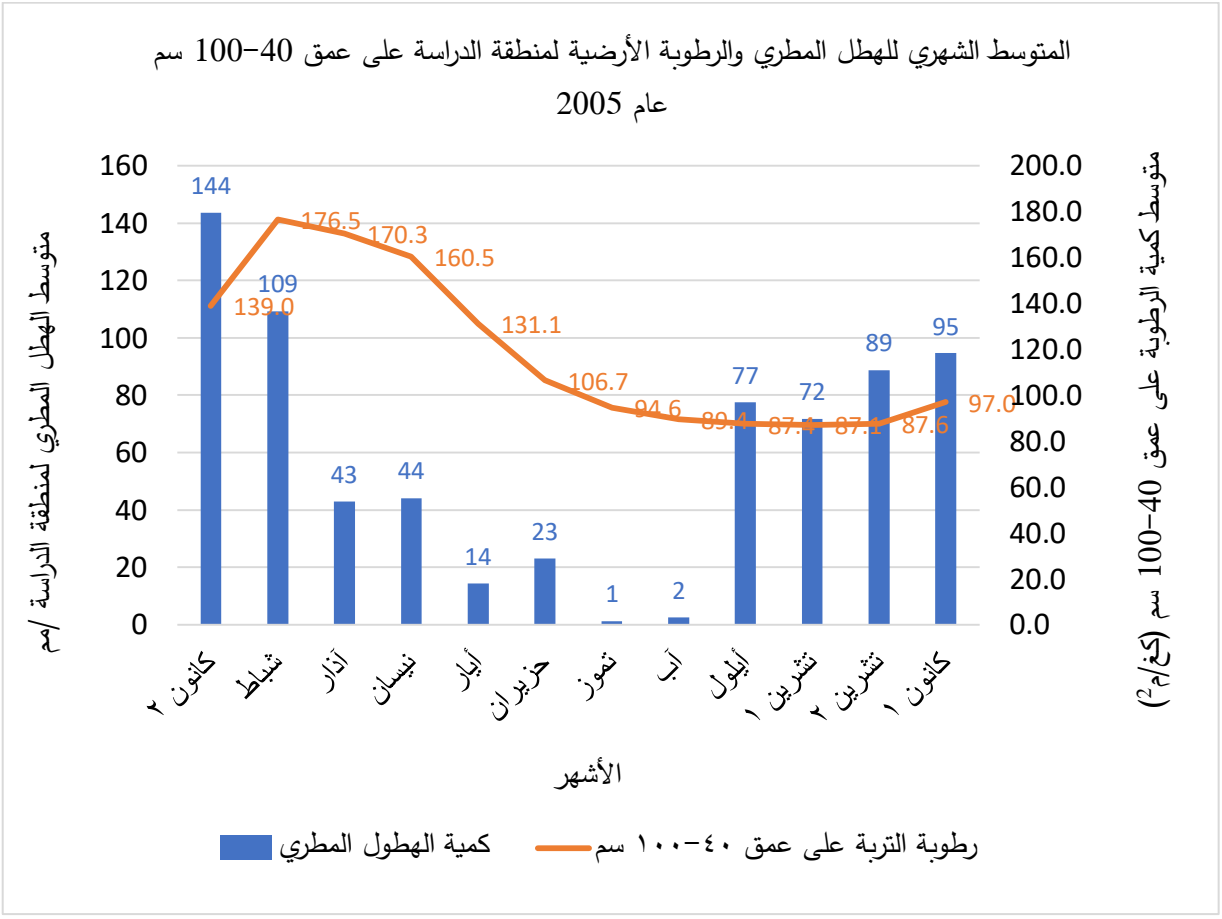
3-7 العلاقة بين كمية الهطل المطري ورطوبة التربة لعمق 40 -100 سم:

تم انتاج خرائط الهطل المطري وخرائط الرطوبة الأرضية (عمق 100سم) في منطقة الساحل السوري (محافظتي اللاذقية وطرطوس) للسلسلة الزمنية 2005 – 2010 بشكل شهري لكل سنة على حدا لدراسة العلاقة بين كمية الهطل المطري والرطوبة السطحية على مستوى الشهر.

يلاحظ من خرائط الهطل المطري المنتجة لعام 2005 الشكل (20) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام تركز خلال الأشهر (1- 2- 9- 10- 11- 12) في حين انخفض في الشهرين الثالث والرابع وتراجع إلى حد كبير في الشهرين الخامس والسادس وانعدم تقريبا في الشهرين السابع والثامن وهما شهري فصل الصيف وارتفاع درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 53) القيم الشهرية لمتوسط الهطل المطري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2005 فقد كان أعلى متوسط مطري للبيكسلات المدروسة في الأشهر 1 و2 و12 و11 و9 و10 بقيم 144 و109 و95 و89 و77 و72 مم على التوالي وسجلت متوسطا يكاد يكون معدوما في الشهر 7 والشهر 8 بقيم 1 و2 مم على التوالي ويلاحظ الفرق بين خرائط الرطوبة الأرضية المنتجة لعمق 100 سم عام 2005 الشكل (52) مع خرائط الهطل المطري حيث توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية خلال الأشهر (1 و2 و3 و4 و 5) ويرجع سبب ارتفاعها في الشهر الثالث والرابع لهطل الأمطار في الأشهر السابقة الموضحة في الشكل (20) و متوسطها في الشكل (53) واحتفاظ التربة بالمياه حيث يوضح الشكل (53) أن أعلى متوسط للرطوبة الأرضية الشهرية في هذا العام لعمق 100 سم في البيكسلات المدروسة كانت في الأشهر 2 و3 و4 و1 و 5 بقيم 176.5 و170.3 و160 و139 و131 كغ/ م^2 على التوالي و تبدأ الرطوبة بالانخفاض في حزيران لتصبح قيمتها (106.7) كغ/م^2 و تنخفض أكثر في شهري تموز و آب لانعدام الأمطار و ارتفاع درجات الحرارة و استخدام مخزون التربة من الرطوبة لتصبح أدنى قيمها في الأشهر 10 و9 و 11 بمتوسط 87.1 و 87.4 و 87.6 على الرغم من بدء الهطل المطري ولكن قد تكون كمية الهطل غير كافية لتتسرب إلى عمق 100 سم و قد يلعب نوع التربة و النباتات المزروعة دورا في ذلك ثم في شهر كانون الأول تعاود الرطوبة الارتفاع مع الهطل المطري لشهر 11 حيث تكون التربة أخذت حاجتها من مياه الأمطار في أشهر 9 و 10و 11 بعد أشهر الصيف إضافة إلى أمطار شهر 12 فتحتفظ بالمياه ضمن مسام حبيبات التربة و فراغاتها و ينعكس إيجابا عليها.

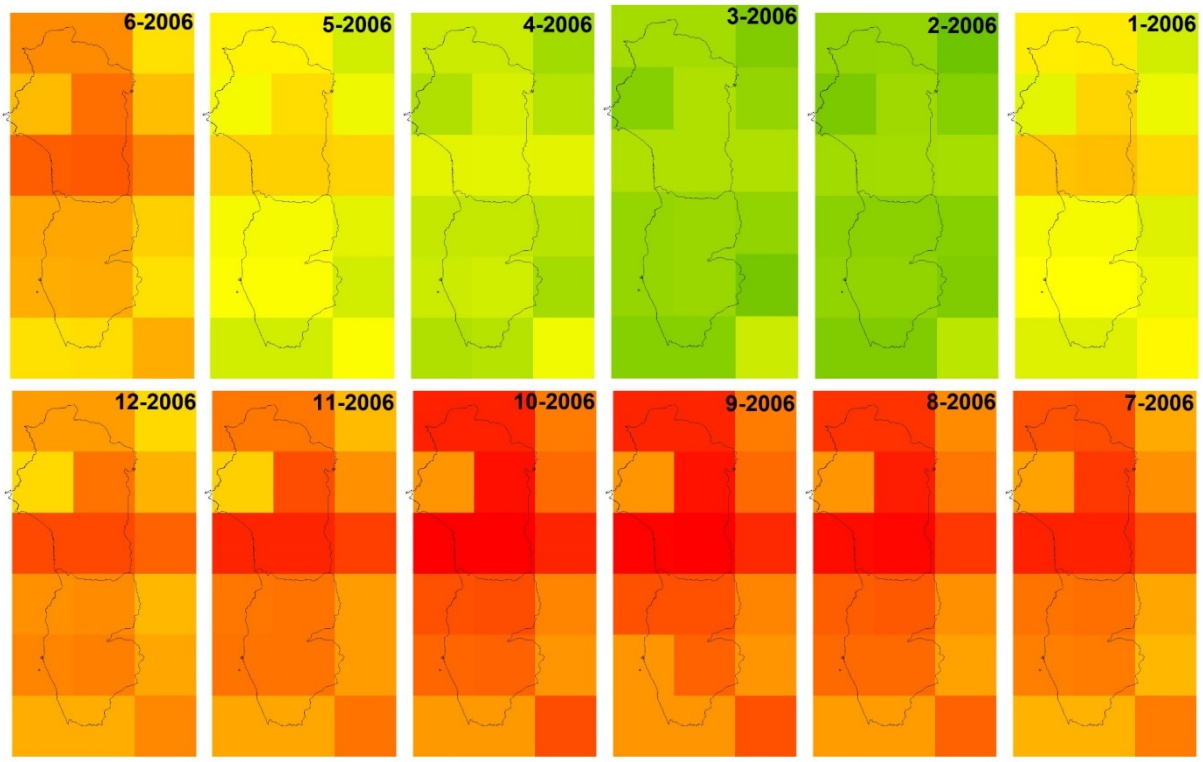


الشكل (52) خرائط الرطوبة السطحية الأرضية لعمق 40 – 100 سم لمنطقة الدراسة لعام 2005

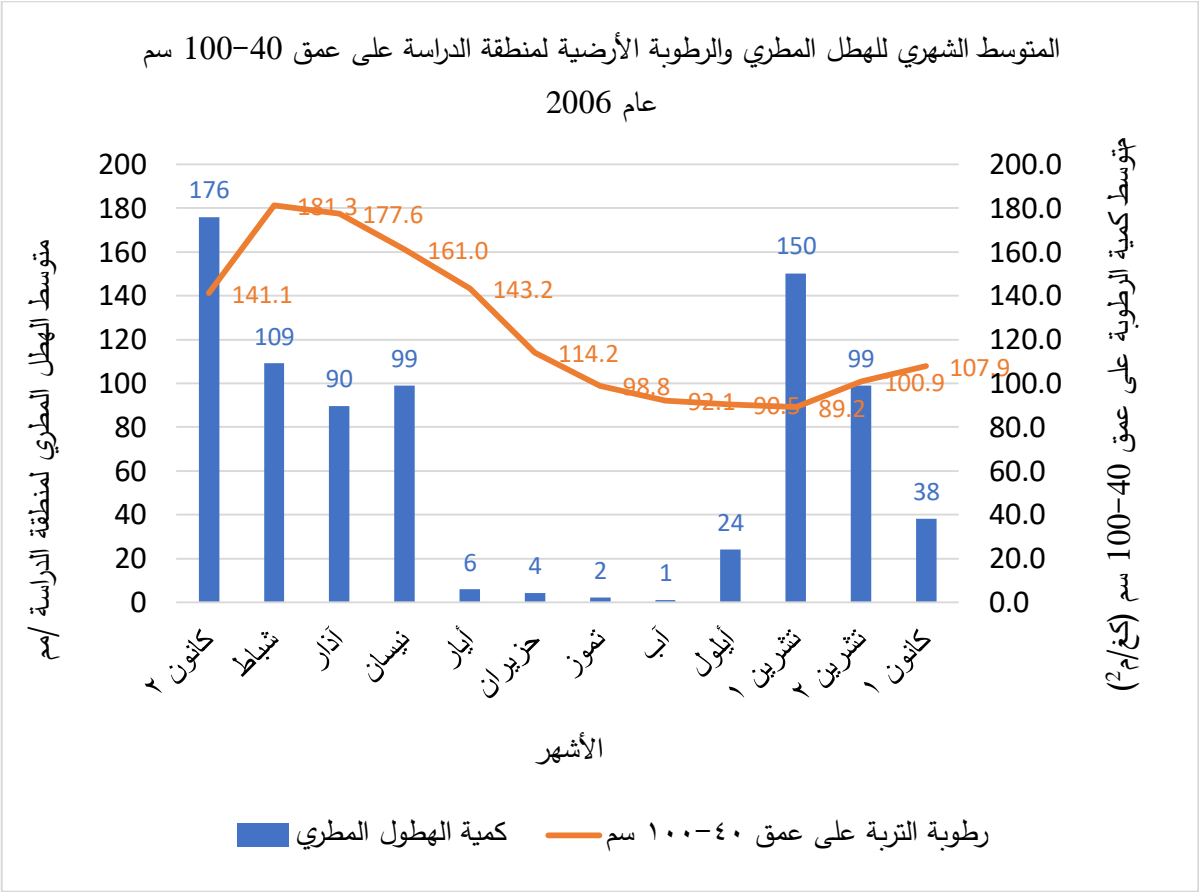


الشكل (53) متوسط كمية الهطل المطري و الرطوبة الأرضية على عمق 40–100 سم للنقاط المدروسة لعام 2005

يلاحظ من خرائط الهطل المطري المنتجة لعام 2006 الشكل (23) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن هطل الأمطار في هذا العام تركز خلال الأشهر (1- 2- 3- 4- 10- 11) في حين انخفض وتراجع في الشهرين الخامس والسادس وانعدمت تقريبا في الشهرين السابع والثامن وهما شهري فصل الصيف وارتفاع درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 55) متوسط الهطل المطري الشهري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2006 فقد كان أعلى متوسط مطري في الأشهر 1 و10 و 2 و 11 و 4 و 3 بقيم 176 و150 و102 و99 و99 و90 مم على التوالي وسجلت متوسطا متراجعا في الشهرين 6 و 5 بقيمة 4 و6 مم على التوالي و هطل مطري معدوم في الشهر 8 والشهر 7 بمتوسط هطل 1 و2 مم على التوالي للنقاط المدروسة ويلاحظ أن هناك توافق بين خرائط الرطوبة الأرضية المنتجة لعمق 100 سم عام 2006 الشكل (54) مع خرائط الهطل المطري حيث توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية خلال الأشهر (1 و2 و3 و4) وتوضح خرائط الرطوبة ارتفاعها في شهر أيار أما خرائط الهطل المطري فلا تبين أن كمية الأمطار كانت مرتفعة في أيار و إنما أمطار تشرين الثاني و كانون الأول مرتفعة ويرجع سبب ارتفاعها في الشهر الثالث والرابع للهطل المطري في هذين الشهرين من عام 2006 و في الأشهر السابقة الموضحة في الشكل (23) و متوسطها في الشكل (55) واحتفاظ التربة بالمياه حيث يوضح الشكل نفسه أن أعلى متوسط للرطوبة الأرضية الشهرية في هذا العام لعمق 100 سم في البيكسلات المدروسة كانت في الأشهر 2 و3 و4 و5 و 1 بقيم 181 و 177.6و161 و143 و141.1 كغ/ م^2 على التوالي و تبدأ الرطوبة بالانخفاض في حزيران لتصبح قيمتها (114.2) كغ/م^2 و تنخفض أكثر في شهري تموز و آب لانعدام هطل الأمطار و ارتفاع درجات الحرارة و استخدام مخزون التربة من الرطوبة لتصبح أدنى قيمها في الأشهر 10 و9 و 8 بمتوسط 89.2 و 90.5 و 92.1 ويلاحظ أن متوسط الرطوبة في أيلول كان أعلى من تشرين الأول و بدء هطل الأمطار في شهر 10 من هذا العام في سلسلة الدراسة إلا أن متوسط الرطوبة الأرضية انخفض و لكن عاد للارتفاع في شهري تشرين الثاني و كانون الأول مع أمطار شهر 10 إضافة إلى أمطار هذين الشهرين.



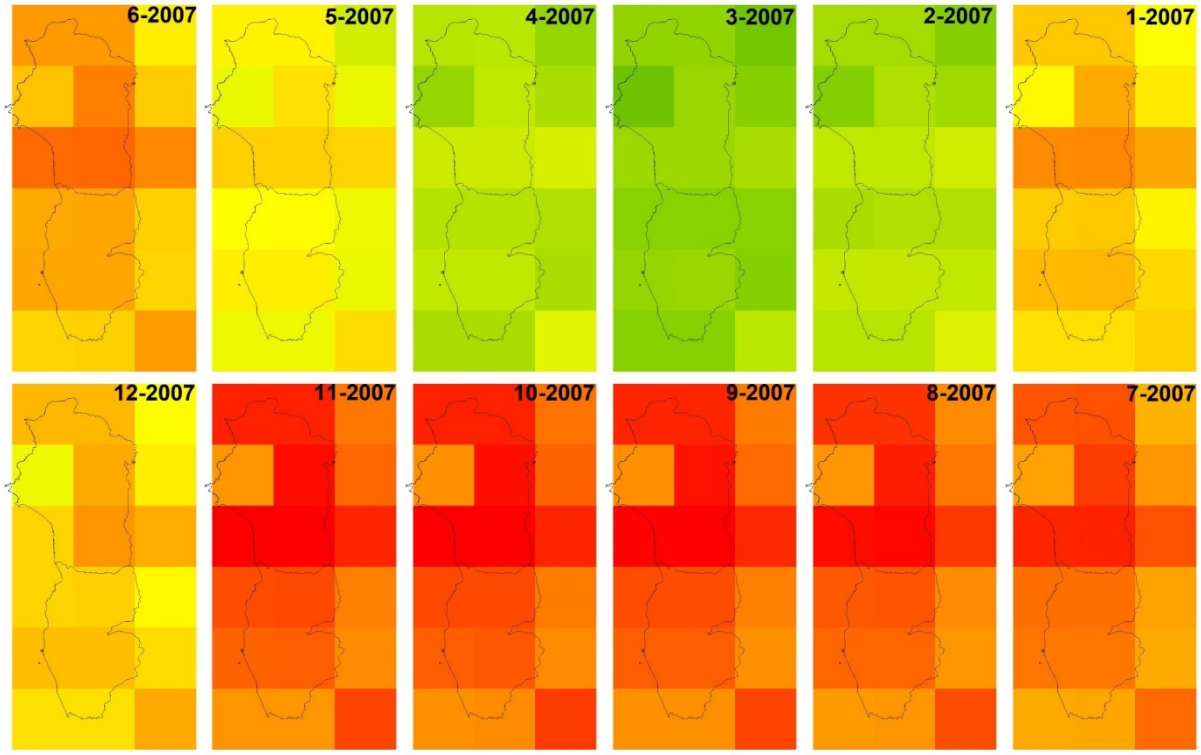
الشكل (54) خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 40– 100 سم لمنطقة الدراسة لعام 2006



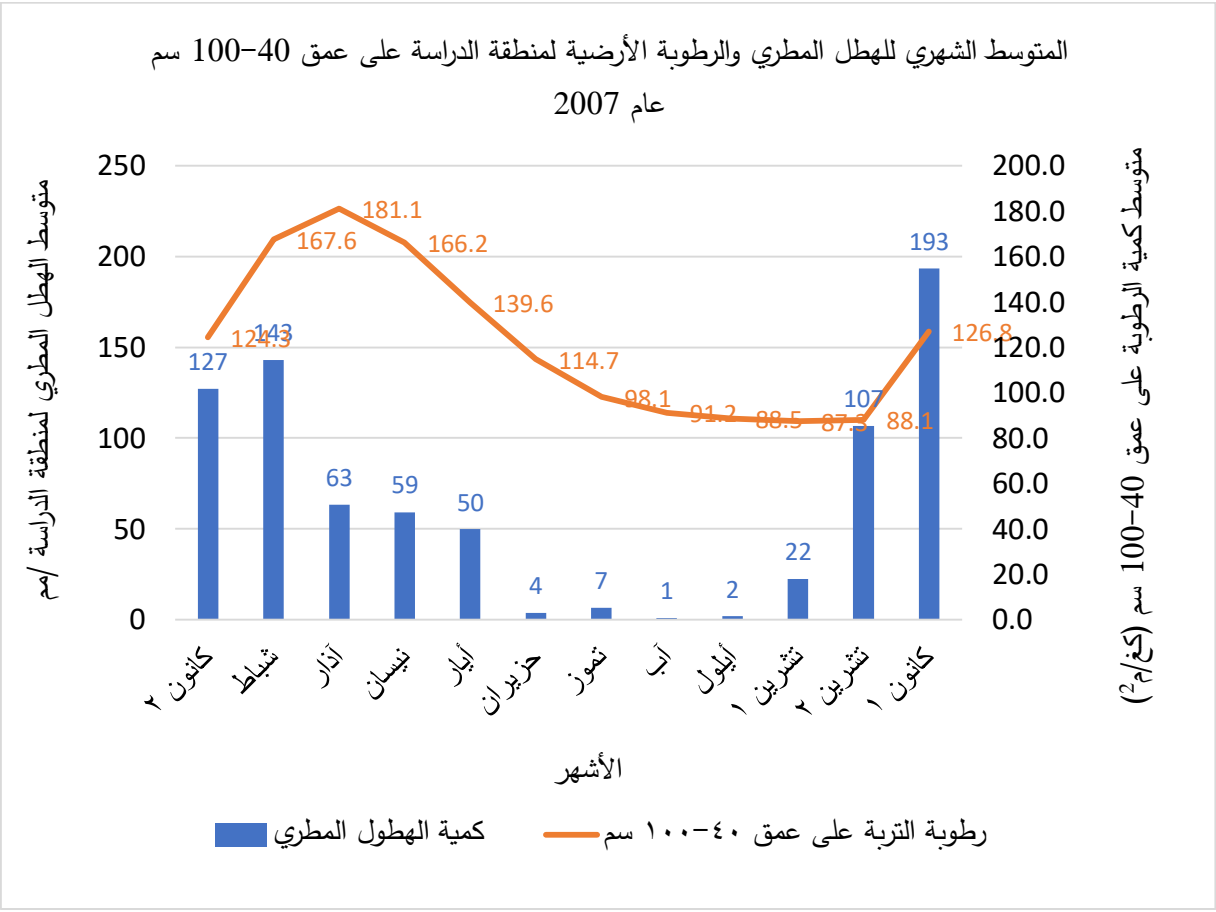
الشكل (55) متوسط كمية الهطل المطري و الرطوبة الأرضية على عمق 40 – 100 سم للنقاط المدروسة لعام 2006

تبين من خرائط الهطل المطري لعام 2007 الشكل (26) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن هطل الأمطار في هذا العام تركز خلال الأشهر (1- 2- 11- 12) في حين هطلت أمطار متفرقة في الشهرين الخامس والسادس وانعدمت تقريبا في الشهرين السابع والثامن وهما شهري فصل الصيف وارتفاع درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 57) متوسط الهطل المطري الشهري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2007 فقد كان أعلى متوسط مطري في الأشهر 12 و 2 و 1 و 11 بقيم 193 و143 و127 و107 مم على التوالي ومتوسط هطل مطري معدوم في الشهر 8 بقيمة 1 مم ويلاحظ من خرائط الرطوبة الأرضية المنتجة لعمق 100 سم عام 2007 الشكل (56) ارتفاع الرطوبة الأرضية لهذا العمق من العام 2007 خلال الأشهر (1 و2 و3 و4 و5 و 12) ويرجع سبب ارتفاعها في الشهر الثالث والرابع لهطل الأمطار في الأشهر السابقة الموضحة في الشكل (26) و متوسطاتها في الشكل (57) و يوضح نفس الشكل أن أعلى متوسط شهري للرطوبة الأرضية المدروسة في هذا العمق من هذا العام من سلسلة الدراسة كان في الأشهر 3 و2 و4 و5 و12 و 1 بقيم 181.1 و167.6 و166 و139.6 و126.8 و 124.3كغ/ م^2 على التوالي ويمكن أن يعزى سبب ارتفاعها في الشهر الخامس إلى هطل أمطار متفرقة في هذا الشهر من عام 2007 و احتفاظ التربة بالمياه من الهطلات السابقة و تبدأ بالانخفاض في شهر حزيران ليصبح متوسط قيمتها (114.7) رغم هطل الأمطار المتفرقة في هذا الشهر و لكن الفرق كبير بين متوسط القيمة في هذا الشهر و متوسط القيمة في شهر أيار و تنخفض أكثر في شهري تموز و آب شهري فصل الصيف وتصبح أدنى قيمة لها في الأشهر 10 و11 و 9 بقيم 87.3 و88.1 و88.5 كغ/ م^2 على التوالي و تعاود الارتفاع في شهر 12 مع أمطار شهري 11 و 12.

و يلاحظ من المخطط (57) أن متوسط الرطوبة الأرضية على عمق 100 سم في الأشهر التي هطلت و تركزت فيها الأمطار عاليا جدا بالنسبة لمتوسط الهطل في هذه الأشهر.



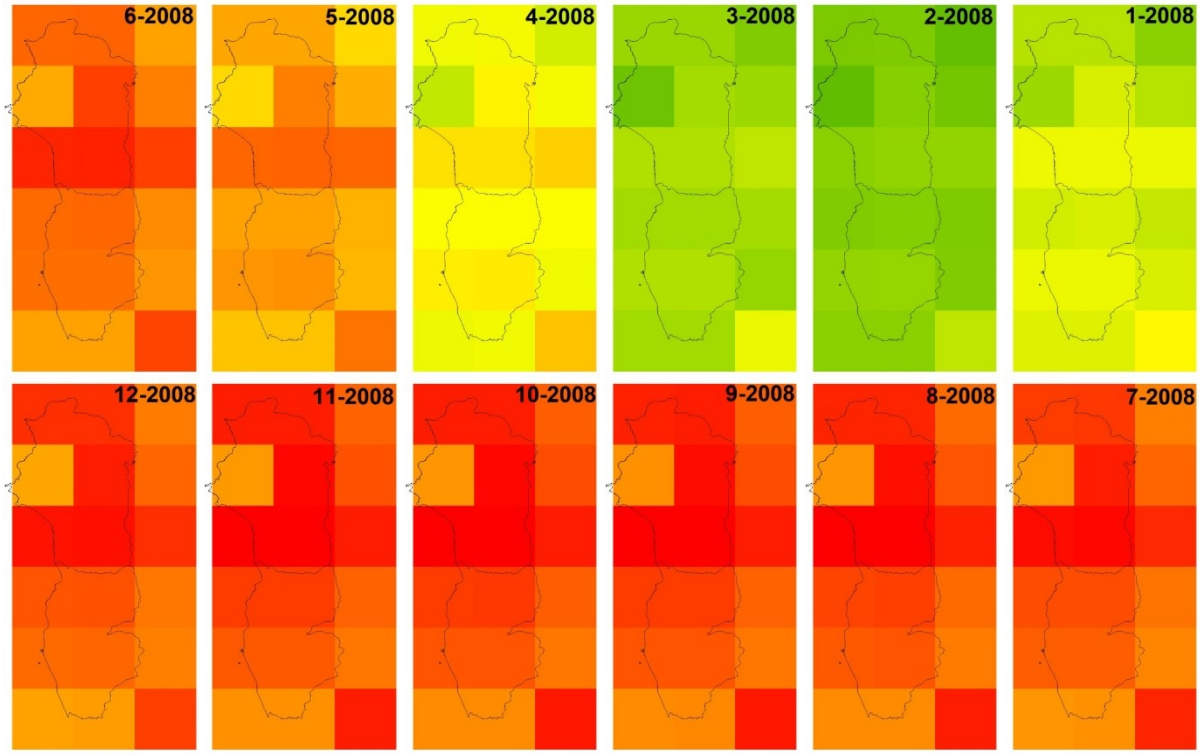
الشكل (56) خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 40 –100 سم لمنطقة الدراسة لعام 2007



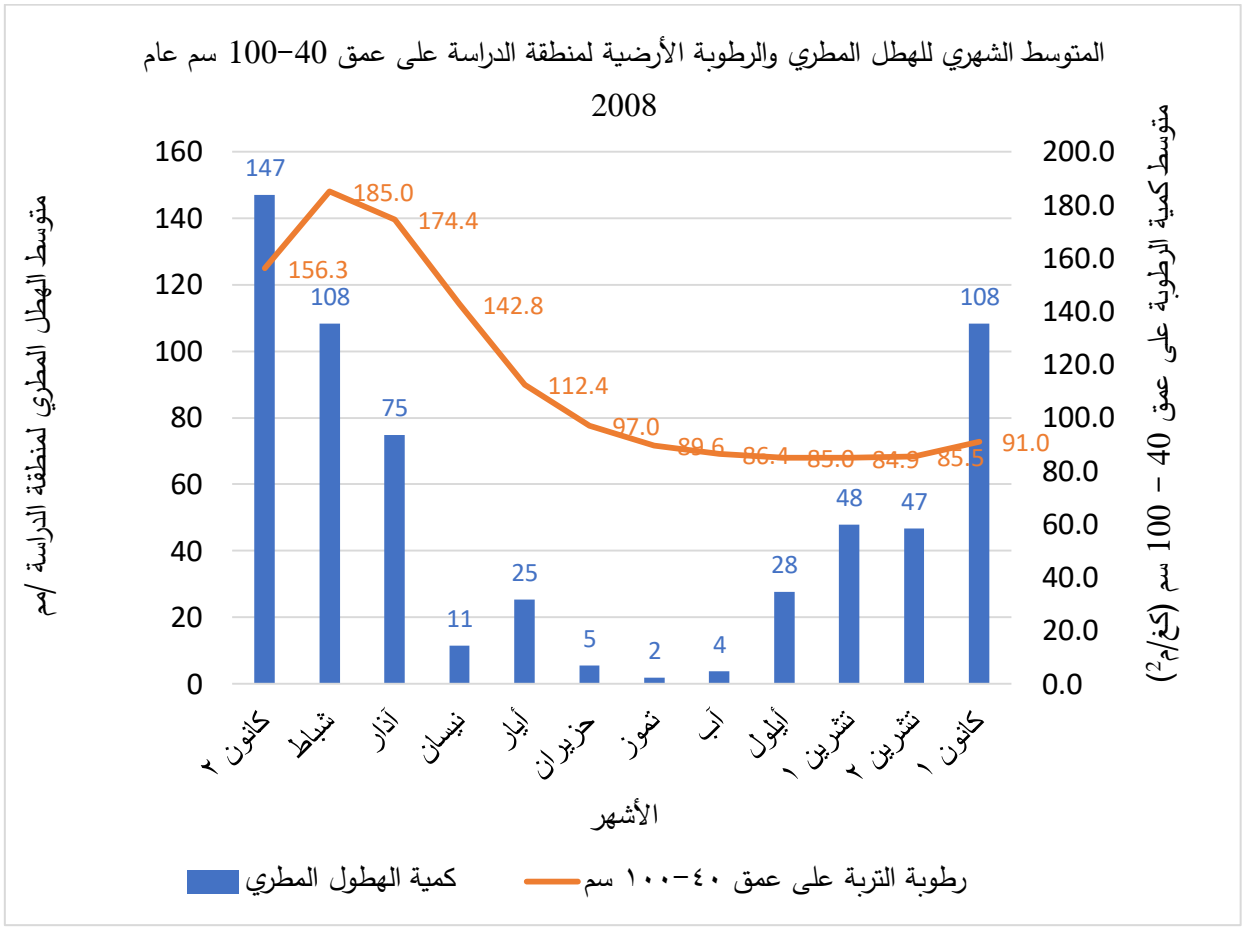
الشكل (57) متوسط كمية الهطل المطري و الرطوبة الأرضية على عمق 40 – 100 سم للنقاط المدروسة لعام 2007

يلاحظ من خرائط الهطل المطري لعام 2008 الشكل (29) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الأمطار في هذا العام تراجعت إلى حد كبير من حيث الكمية والتوزع فقد تركز الهطل المطري خلال الأشهر (1- 2- 3- 12) وتراجع بشكل كبير في الشهر الرابع فهي تعد من أشد السنوات جفافاً في سورية ويلاحظ من الشكل (29) تحسن الهطل ولكن ليس تحسنا كبيرا في الأشهر 10 و11 و 9 نلاحظ أن شهر 5 أفضل من شهر 4 وانعدم تقريبا في الأشهر السادس و السابع والثامن حيث يمكن اعتبارها آثارا لهطل مطري نتيجة الارتفاع الشديد في درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 59) قيم المتوسط الشهري للهطل المطري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2008 فقد كان أعلى متوسط للهطل المطري في الأشهر 1 و 2 و12 و 3 بقيم 147 و108 و108 و75 مم على التوالي وسجلت آثارا متفرقة لهطل مطري في الشهر 7 والشهر 8 بمتوسط هطل مطري 2 و4 مم على التوالي ويلاحظ توافق في خرائط الرطوبة الأرضية المنتجة لعمق 100 سم عام 2008 الشكل (58) مع خرائط الهطل المطري حيث توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية لهذا العمق خلال هذا العام من سلسلة الدراسة خلال الأشهر (1 و 2 و 3 و 4) ويرجع سبب ارتفاعها في الشهر الثالث لأمطار الشهر الموضحة في الشكل (29) و متوسطاتها في الشكل (59) و تختلف خرائط الرطوبة الأرضية المنتجة لهذا العام عن خرائط الهطل المطري المنتجة للعام نفسه من ناحية ارتفاع الرطوبة في شهر نيسان رغم عدم وجود أمطار في هذا الشهر و تركزها في شهر 12 الذي يعتبر في هذا العام رطوبته قليلة .

يوضح الشكل (59) أن أعلى متوسط شهري للرطوبة الأرضية للبيكسلات المدروسة كان في الأشهر 2 و3 و1 و4 بقيم 185 و174 و156.3 و142.8 كغ/ م^2 على التوالي ، رغم تراجع الهطل المطري في شهر نيسان إلا أن رطوبته عالية و يلاحظ تراجع الرطوبة الأرضية تدريجيا مع تراجع الأمطار من شهر لآخر و تبدأ بالانخفاض الواضح في شهر أيار بقيمة متوسطة للرطوبة الأرضية (112.4) و تتراجع كثيرا في حزيران و تموز و آب بشكل متزن مع انعدام الهطل المطري لتصبح أدنى قيمة لها في الأشهر 10 و9 و11 بقيم 84.9 و85 و85.5 كغ/ م^2 على التوالي و هذا الأمر طبيعي لانعدام الأمطار في هذه الأشهر من عام 2008 و يعود السبب للتغيرات المناخية و خاصة ارتفاع درجة الحرارة ، و يلاحظ بدء ارتفاع الرطوبة في شهر كانون الأول من العام نفسه مع بدء الهطل المطري و لكن بمتوسط قليل جدا (91) كغ/م^2 بالنسبة لهذا الشهر الذي يعتبر من الأشهر الماطرة ، بالتالي من الملاحظ انخفاض كبير و متزامن بين الهطل المطري والرطوبة الأرضية خلال أشهر عام 2008 نتيجة ارتفاع درجات الحرارة حيث تبين أن عام 2008 كان عاما سيئا بالهطل المطري والرطوبة الأرضية على عمق 100 سم خلال سلسلة الدراسة 2005- 2010 وهي من سنوات الجفاف التي تعرضت لها سوريا.



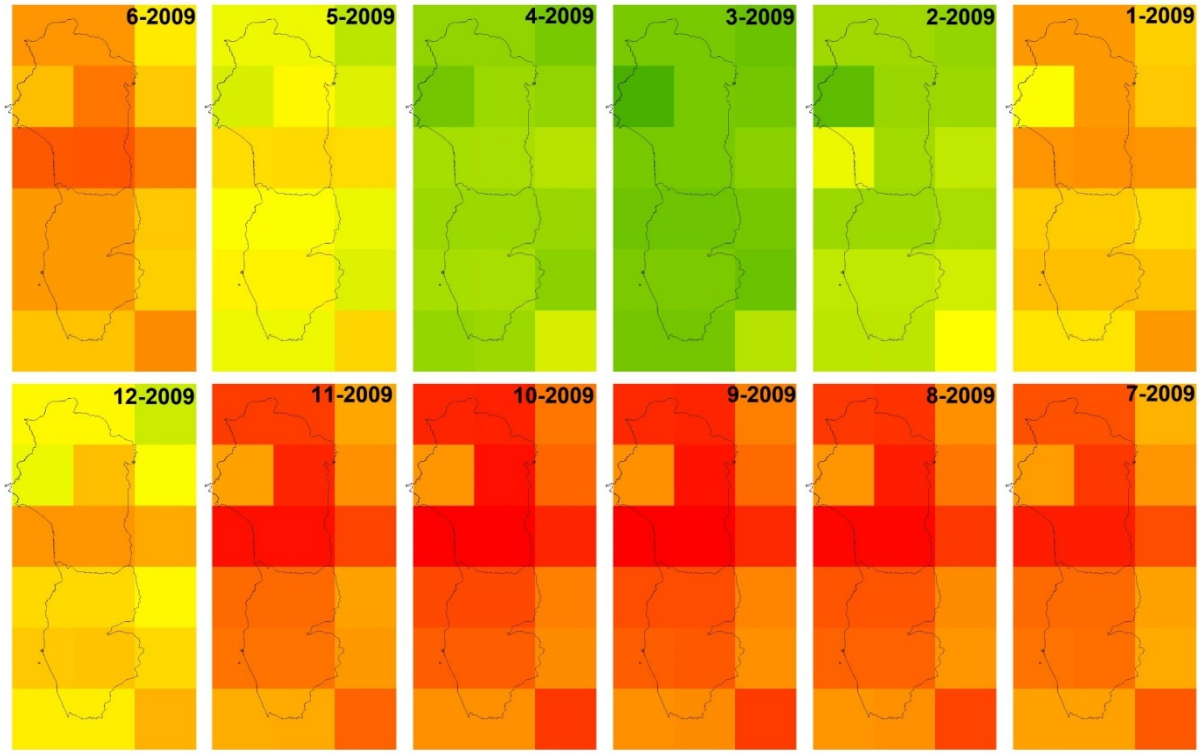
الشكل (58) خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 40–100 سم لمنطقة الدراسة لعام 2008



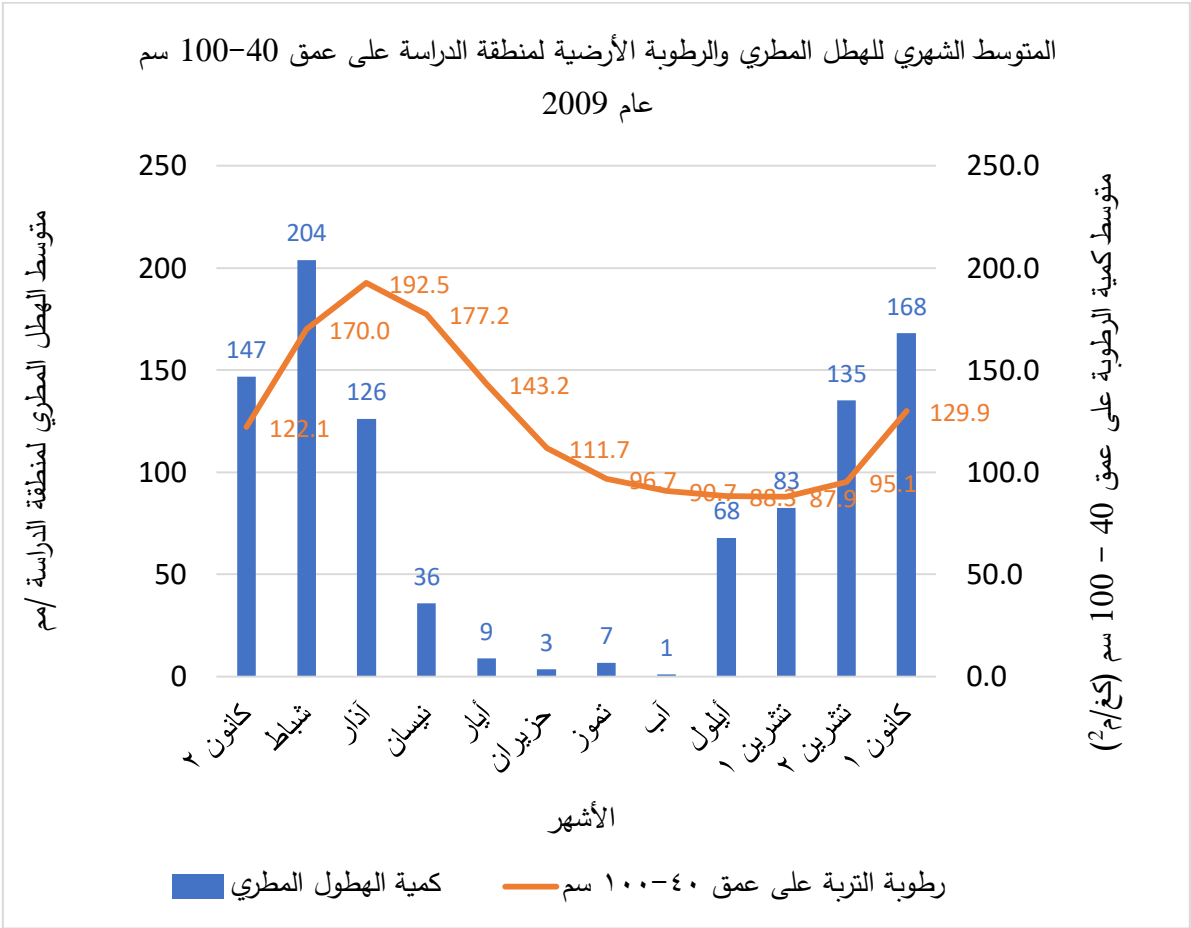
الشكل (59) متوسط كمية الهطل المطري و الرطوبة الأرضية على عمق 40 –100 سم للنقاط المدروسة لعام 2008

يلاحظ من خرائط الهطل المطري المنتجة لعام 2009 الشكل (32) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام كان جيدا إلى حد كبير من حيث الكمية والتوزع فقد تركز هطل الأمطار خلال الأشهر (1- 2- 3- 9 - 10 - 11- 12) وتراجعت في الشهر الرابع وأكثر في الشهر الخامس وانعدمت تقريبا في الشهر السادس و السابع و الثامن حيث يمكن اعتبارها آثارا لهطل مطري نتيجة الارتفاع الشديد في درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 61) قيم المتوسط الشهري للهطل المطري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2009 فقد كان أعلى متوسط هطل مطري في الأشهر 2 و12 و1 و11 و3 و10 و9 بقيم 204 و168 و147 و135 و126 و83 و68 مم على التوالي وسجلت آثارا متفرقة لهطل الأمطار في الشهر 8 و6 و7 بقيم متوسط 1 و3 و7 مم على التوالي ويلاحظ توافق في خرائط الرطوبة الأرضية المنتجة لعمق 100 سم عام 2009 الشكل (60) مع خرائط الهطل المطري حيث توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية خلال الأشهر (1 و2 و3 و12) ويرجع سبب ارتفاعها للهطل المطري في هذه الأشهر الموضحة في الشكل (32) و متوسطاتها في الشكل (61) ، و توضح خرائط الرطوبة الأرضية لهذا العمق من عام 2009 ارتفاع متوسط الرطوبة الأرضية في شهري نيسان و أيار على الرغم من أن خرائط الأمطار المنتجة لا توضح و جود أمطار في هذين الشهرين و يعود سبب ارتفاع الرطوبة الأرضية على هذا العمق لاختزان التربة و تشبعها من أمطار الأشهر السابقة إضافة إلى أن خرائط الهطل المطري توضح أن أشهر أيلول و تشرين الأول و تشرين الثاني كانت أمطارها جيدة إلا أن خرائط الرطوبة الأرضية توضح انخفاض الرطوبة في هذا الأشهر لنفس العام .

يوضح الشكل (61) أن أعلى متوسط شهري للرطوبة الأرضية للبيكسلات المدروسة كان في الأشهر 3 و4 و 2 و5 و12 و 1 بقيم 192.5 و 177.2 و170 و143 و129.9 و 122.1 كغ/ م^2 على التوالي و تبدأ بالانخفاض بشكل واضح و فرق كبير بينه و بين شهر أيار لتصبح قيمة متوسط الرطوبة (111.7) بسبب توقف هطل الأمطار في الشهر الثالث و استنزاف التربة للرطوبة المحتفظة فيها و توالي انخفاضها في تموز و آب و لكن الفرق واضح بين متوسط رطوبة تموز (96.7) كغ/م^2 و متوسط رطوبة آب (90.7) و هذا يعود إلى الأمطار الهاطلة حيث أن متوسط هطل الأمطار في آب (1) مل أما في تموز متوسط الهطل المطري (7) مل لتصبح أقل قيمة في الأشهر 10 و 9 و 8 و بقيم 87.9 و 88.3 و 90.7 كغ/ م^2 على التوالي ثم تعاود الرطوبة الأرضية الارتفاع و بشكل كبير وواضح في شهر كانون الأول بمتوسط قيمة (129.9) نتيجة الهطل المطري في الأشهر السابقة و أمطار الشهر نفسه .



الشكل (60) خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 40 –100 سم لمنطقة الدراسة لعام 2009

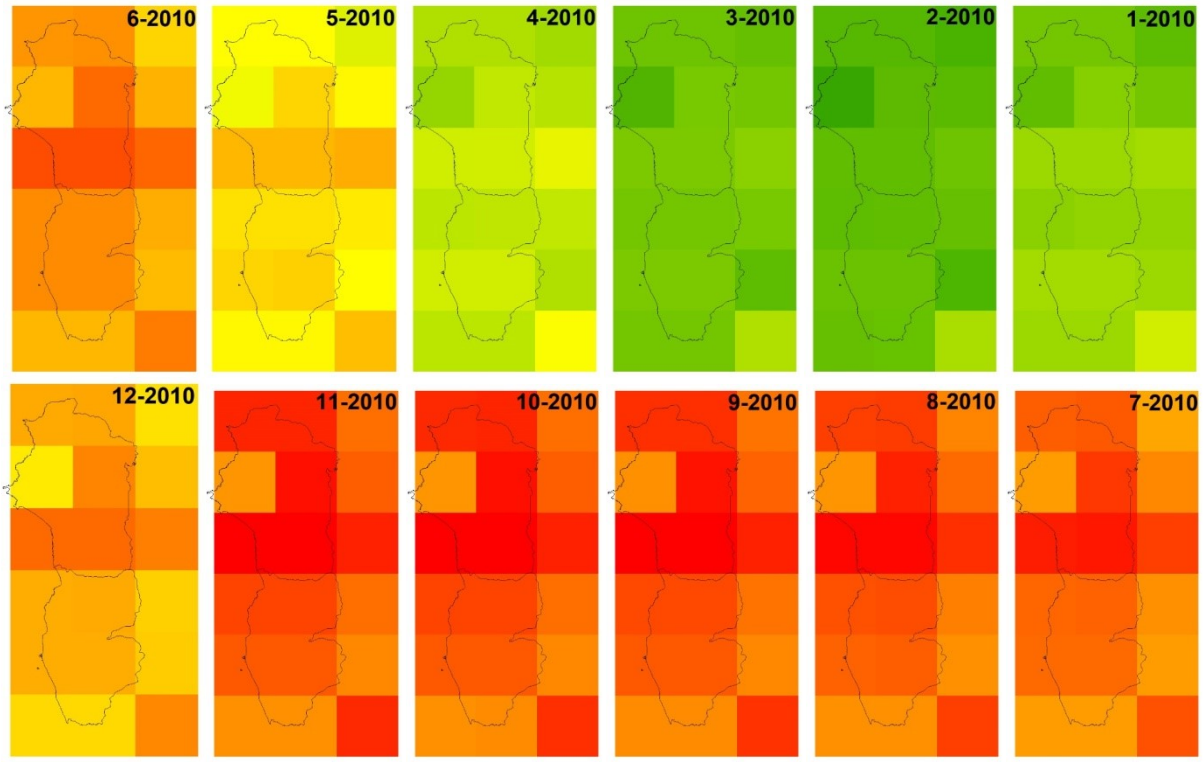


الشكل (61) متوسط كمية الهطل المطري و الرطوبة الأرضية على عمق 40 –100 سم للنقاط المدروسة لعام 2009

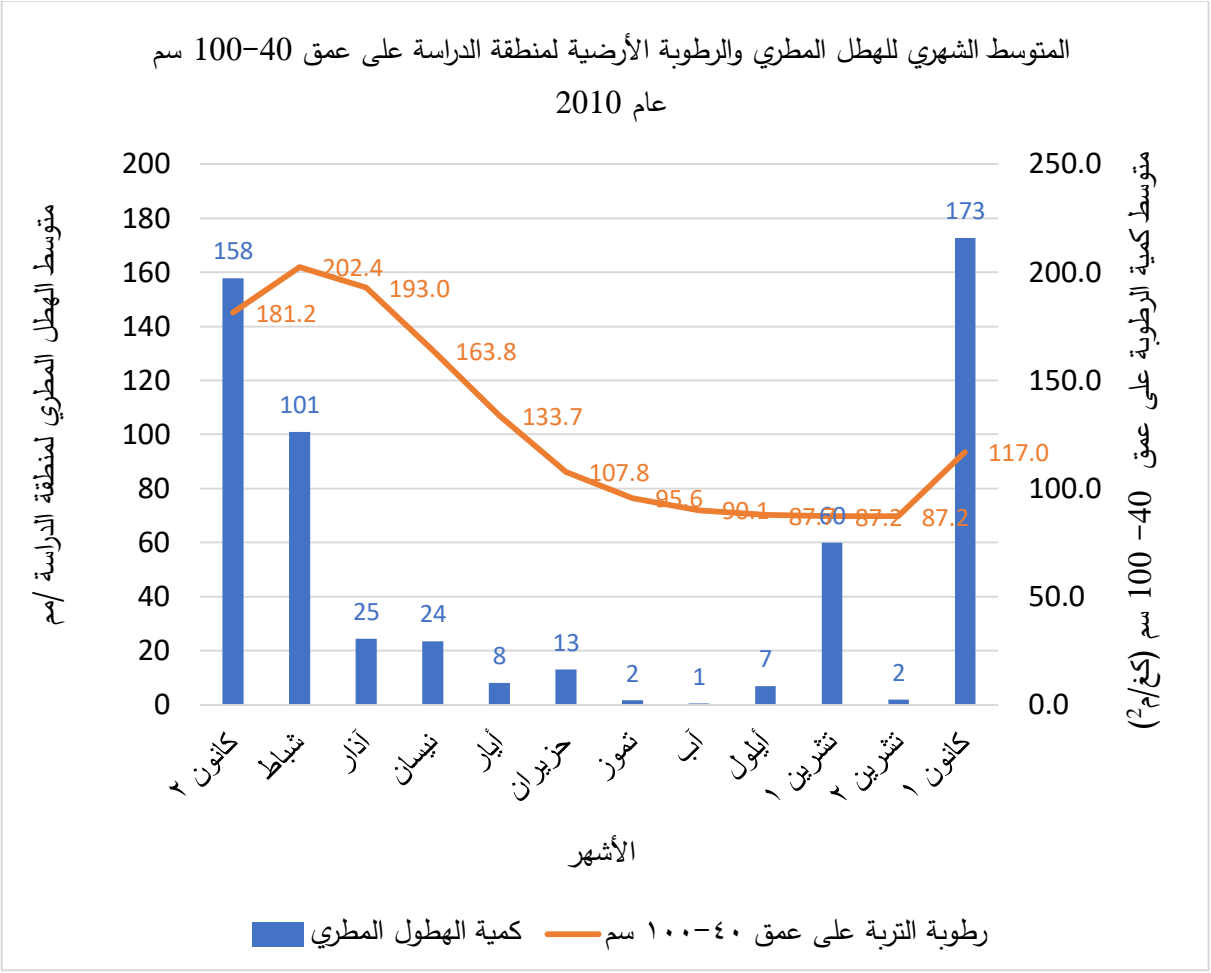
يلاحظ من خرائط الهطل المطري المنتجة لعام 2010 الشكل (35) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن هطل الأمطار في هذا العام تراجع كثيرا من حيث الكمية والتوزع فقد تركز الهطل المطري خلال الأشهر 1- 2- 10-12 مشابهة لعام 2008 وتراجع في الشهرين الثالث و الرابع وأكثر في الشهرين الخامس والسادس وانعدم الهطل ليصبح بشكل أثر في أشهر الصيف السابع و الثامن نتيجة الارتفاع الشديد في درجات الحرارة ومن الملفت في الخرائط المنتجة لهذا العام الشكل (35) تراجع الأمطار بشكل حاد في شهر 11 حيث يبين المخطط البياني (الشكل 63) قيم المتوسط الشهري للهطل المطري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2010 فقد كان أعلى متوسط مطري في الأشهر 12 و1 و2 و10 بقيم 173 و158 و101 و60 مم على التوالي وأقل قيمة متوسط مسجلة للهطل المطري الشهرية في الأشهر 8 و11 و7 و9 و5 و6 بقيم 1 و2 و2 و7 و8 و13 مم على التوالي ويلاحظ توافق في خرائط الرطوبة الأرضية المنتجة لعمق 100 سم عام 2010 الشكل (62) مع خرائط الهطل المطري المنتجة حيث توضح ارتفاع الرطوبة الأرضية خلال الأشهر (1 و2) ويرجع سبب ارتفاعها لهطل الأمطار خلال هذه الأشهر الموضحة في الشكل (35) و متوسطاتها في الشكل (63) أيضا توضح خرائط الرطوبة الأرضية لهذا العمق لعام 2010 ارتفاع الرطوبة في شهر آذار و نيسان و أيار على الرغم من انخفاضها التدريجي إلا أن متوسط قيمها يعتبر مرتفعا حيث توضح خرائط الهطل المطري تراجع الأمطار بشكل كبير في هذه الأشهر و ارتفاعها في شهر تشرين الأول و كانون الأول و هي مشابهة لعام 2008 من ناحية الهطل المطري.

يوضح الشكل (63) أن أعلى متوسط للرطوبة الأرضية الشهرية لعمق 100 سم للبيكسلات المدروسة كانت في الأشهر 2 و3 و1 و 4 و 5 بقيم 202.4 و193 و181.2 و163.8 و 133.7 كغ/ م^2 على التوالي و يلاحظ من هذه القيم أن الفرق في الانخفاض بينها واضح بشكل كبير و توالي انخفاضها مع تراجع الهطل المطري في حزيران ليصبح متوسط قيمة الرطوبة في هذا الشهر من عام 2010 (107.8) كغ/م^2 و تتراجع كثيرا في تموز و آب لتصبح أدنى قيمة لها في الأشهر 10 و11 و9 بقيم 87.2 و 87.2 و 87.7 كغ/ م^2 على التوالي على الرغم من هطل الأمطار في شهر تشرين الأول ، حيث يلاحظ انقطاع الأمطار الطويل في هذا العام فقد تراجع الهطل كثيرا من الشهر الثالث و انعدامه في شهر أيلول لذلك لم ترتفع الرطوبة حتى شهر كانون الأول بشكل واضح نتيجة أمطار هذا الشهر و مساعدة أمطار شهر 10 و قد تلعب الرطوبة الجوية دورا أيضا و الخاصية الشعرية للنباتات دورا في ذلك بالتالي من الملاحظ انخفاض حاد وكبير في الأمطار وتراجع في الرطوبة الأرضية وبالتالي نصل لنتيجة من خلال الخرائط المنتجة والمخطط البياني أن عام 2010 في سلسلة الدراسة كان أسوأ عام من ناحية الهطل المطري يليه عام 2008 و لكن بالنسبة للرطوبة الأرضية يوضح

الجدول رقم (6) و المخطط البياني على عمق 100 سم أن قيم الرطوبة في النقاط المدروسة لهذا العام كانت الأعلى من باقي على الرغم من أنه عام جفاف و يمكن تفسير ذلك أنه في هذا العام لم تكن الأمطار هي المؤثر الوحيد على الرطوبة الأرضية في هذا العمق و إنما تؤثر أيضا الرطوبة الأولية على عمق 10 سم و عمق 40 سم حيث تبين من دراسة الرطوبة على عمق 40 سم لعام 2010 انخفاضها عن باقي الأعوام نتيجة تسرب المياه من هذا العمق إلى عمق 100 سم و التغذية المرتدة للرطوبة وهذا ما يفسر ارتفاعها على عمق 100سم لنفس العام يليه 2009 ثم 2006 ثم 2007 ثم 2005 و عام 2008 كانت قيم الرطوبة للنقاط المدروسة على نفس العمق هي الأقل من باقي الأعوام .



الشكل (62) خرائط الرطوبة الأرضية لعمق 40 – 100 سم لمنطقة الدراسة لعام 2010

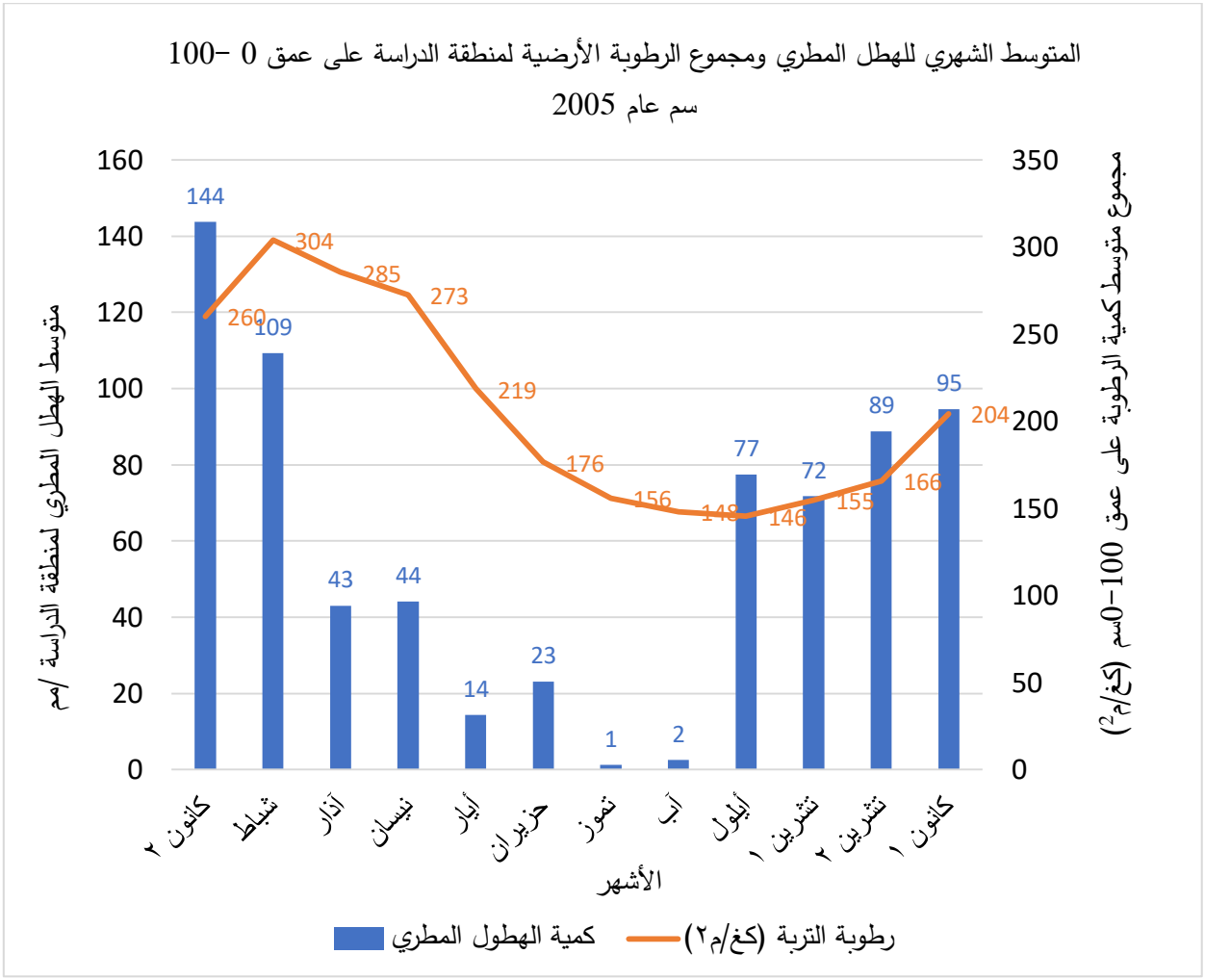


الشكل (63) متوسط كمية الهطل المطري و الرطوبة الأرضية على عمق 40 –100 سم للنقاط المدروسة لعام 2010

3-8 العلاقة بين كمية الهطل المطري ورطوبة التربة لعمق 0 – 100 سم:

يلاحظ من خرائط الهطل المطري لعام 2005 الشكل (20) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام تركز خلال الأشهر (1– 2– 9– 10– 11– 12) في حين انخفض في الشهرين الثالث والرابع وتراجع إلى حد كبير في الشهرين الخامس والسادس وانعدم تقريبا في الشهرين السابع والثامن وهما شهري فصل الصيف وارتفاع درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 64) قيم متوسط الهطل المطري الشهرية للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2005 فقد كان أعلى متوسط مطري للبيكسلات المدروسة في الأشهر 1 و2 و12 و11 و9 و10 بقيم 144 و109 و95 و89 و77 و72 مم على التوالي وسجلت متوسطا يكاد يكون معدوما في الشهر 7 والشهر 8 بقيم 1 و2 مم على التوالي ، يبين المخطط البياني (64) أن أعلى متوسط للرطوبة الأرضية الشهرية في هذا العام لعمق (0–100) سم في البيكسلات المدروسة كانت في الأشهر 2 و3 و4 و1 بقيم 304 و285 و273 و260 كغ/ م^2 على التوالي و تبدأ الرطوبة بالانخفاض في أيار تدريجيا لتصبح قيمتها (219) كغ/م^2 و تنخفض أكثر في حزيران و تواصل انخفاضها

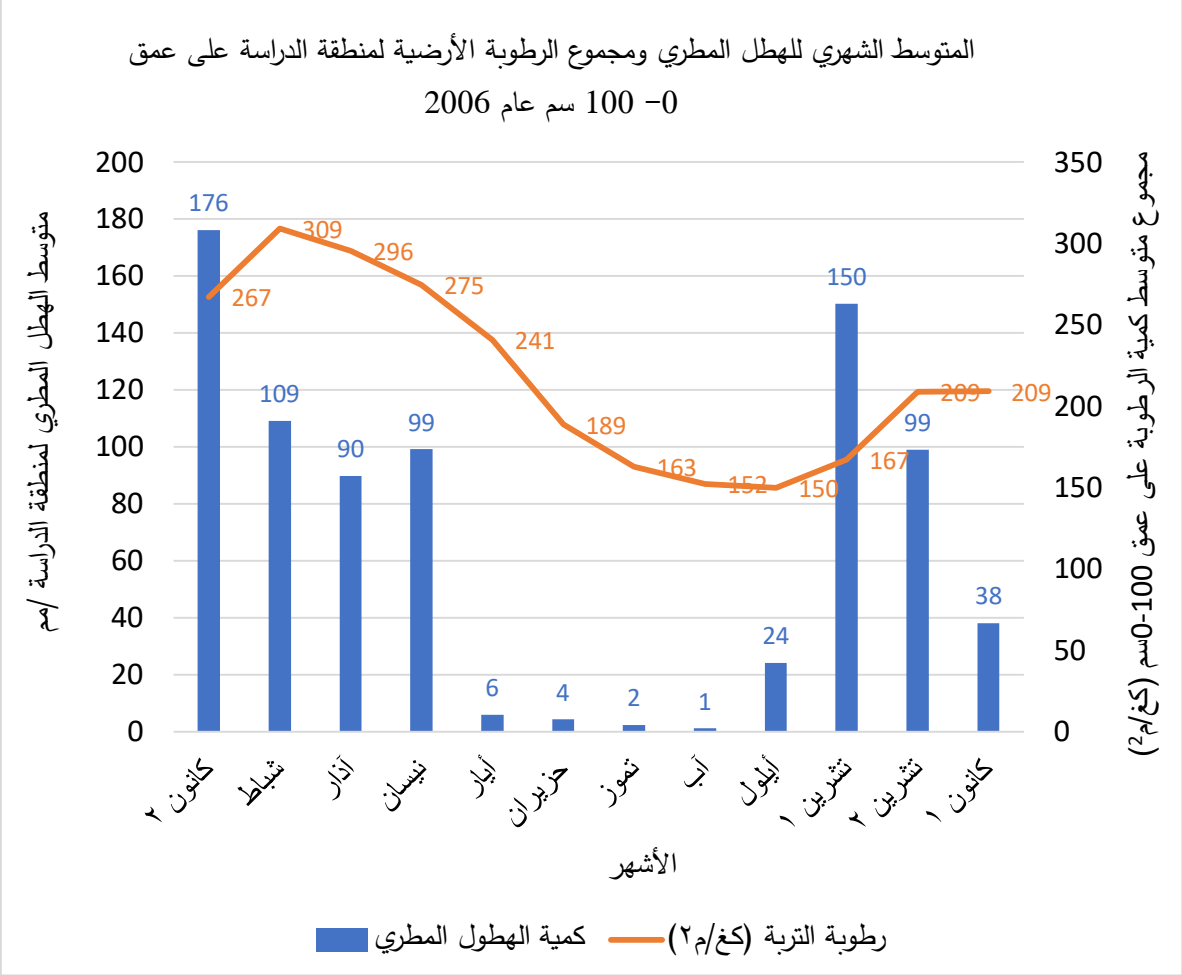
لتصبح أقل قيمة لها في أيلول ثم آب ثم تشرين الأول بقيم 146 و 148 و 156 على التوالي و تعاود الارتفاع تدريجيا في أشهر تشرين الأول و تشرين الثاني نتيجة هطل الأمطار في هذه الأشهر و كانون الأول نتيجة أمطار الشهرين السابقين و ورطوبة التربة المختزنة من سطح التربة حتى العمق 100 سم .



الشكل (64) متوسط كمية الهطل المطري و الرطوبة الأرضية على عمق 0 – 100 سم للنقاط المدروسة لعام 2005

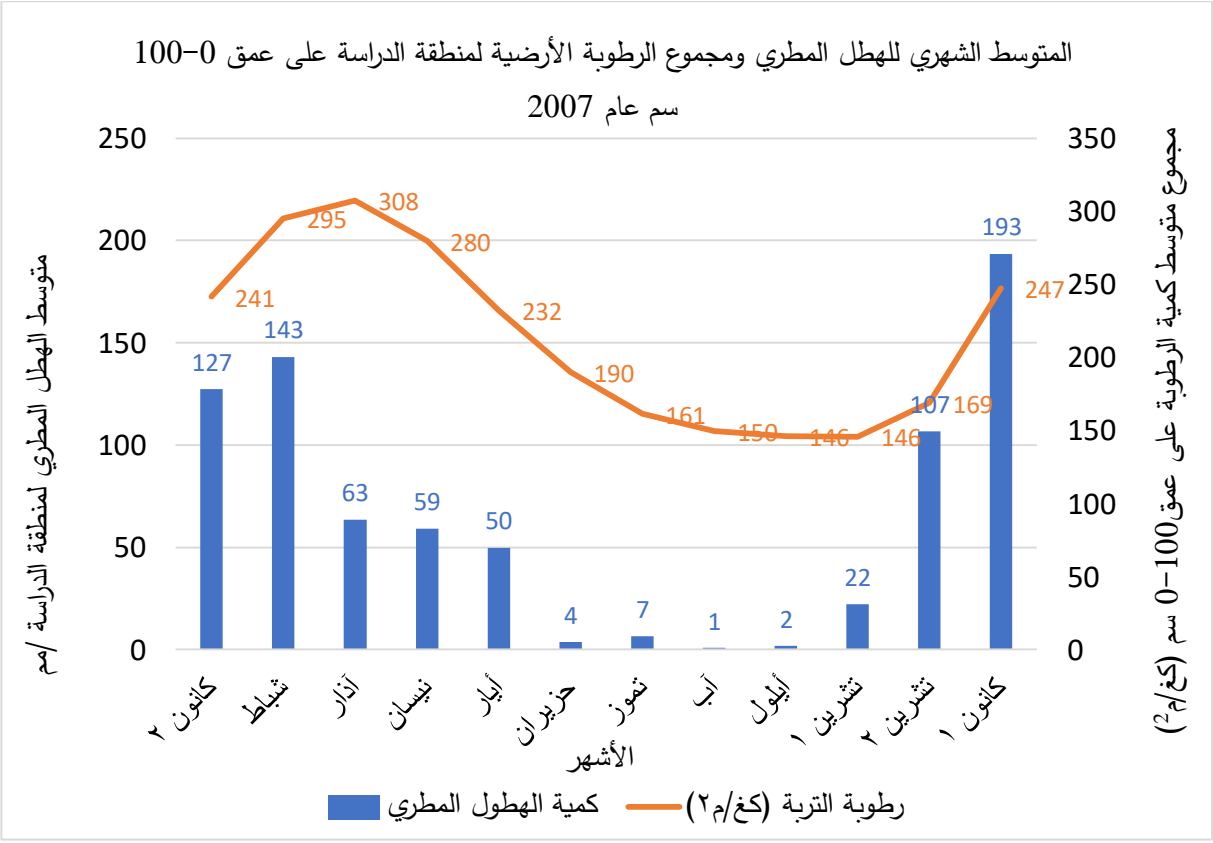
يلاحظ من خرائط الهطل المطري المنتجة لعام 2006 الشكل (23) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام تركزت خلال الأشهر (1– 2– 3– 4– 10– 11) في حين انخفض وتراجع في الشهرين الخامس والسادس وانعدم تقريبا في الشهرين السابع والثامن وهما شهري فصل الصيف وارتفاع درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 65) قيم متوسط الهطل المطري الشهري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2006 فقد كان أعلى متوسط مطري في الأشهر 1 و10 و 2 و 11 و 4 و 3 بقيم 176 و150 و102 و99 و99 و90 مم على التوالي وسجلت متوسطا متراجعا في الشهرين 6 و 5 بقيمة 4 و6 مم على التوالي و هطل مطري معدوم في الشهر 8 والشهر 7 بمتوسط هطل 1 و2 مم على التوالي للنقاط

المدروسة ، و أن أعلى متوسط للرطوبة الأرضية الشهرية في هذا العام لعمق (0–100) سم في البيكسلات المدروسة كانت في الأشهر 2 و3 و4 و1 و 5 بقيم 309 و296 و275 و267 و241 كغ/ م^2 على التوالي و تبدأ الرطوبة بالانخفاض في حزيران لتصبح قيمتها (189) كغ/م^2 و تنخفض أكثر في شهري تموز و آب لانعدام الأمطار و ارتفاع درجات الحرارة و استخدام مخزون التربة من الرطوبة لتصبح أدنى قيمها في الأشهر 9 و8 و 7 بقيم 150و 152 و 163 و يلاحظ معاودة الرطوبة للارتفاع في أشهر تشرين الأول و تشرين الثاني و كانون الأول مع هطل الأمطار .



الشكل (65) متوسط كمية الهطل المطري و الرطوبة الأرضية على عمق 0 – 100 سم للنقاط المدروسة لعام 2006

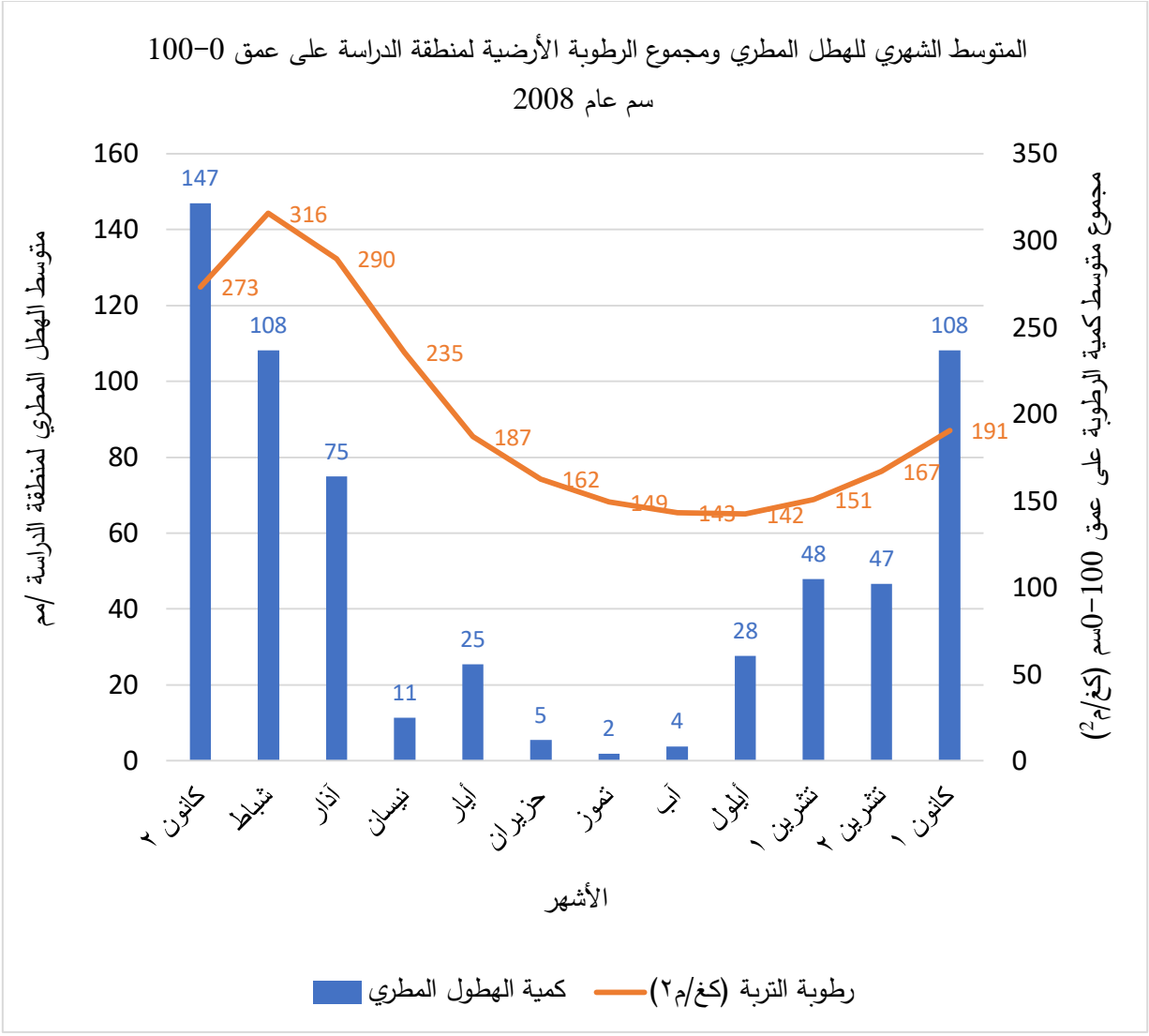
تبين من خرائط الأمطار المنتجة لعام 2007 الشكل (26) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن هطل الأمطار في هذا العام تركز خلال الأشهر (1- 2- 11- 12) في حين هطلت أمطار متفرقة في الشهرين الخامس والسادس وانعدمت تقريبا في الشهرين السابع والثامن وهما شهري فصل الصيف وارتفاع درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 66) قيم متوسط الهطل المطري الشهري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2007 فقد كان أعلى متوسط مطري في الأشهر 12 و 2 و 1 و 11 بقيم 193 و143 و127 و107 مم على التوالي ومتوسط هطل مطري معدوم في الشهر 8 بقيمة 1 مم . و يلاحظ من المخطط االبياني (66) أن رطوبة التربة خلال هذا العام على عمق (0-100) سم سجلت أعلى قيم لها في الأشهر3 و 2 و 4 و 12 و 1 بقيم 308 و 295 و 280 و 247 و 241 كغ/م^2 ، حيث ترتفع في الشهرين الثالث و الرابع نتيجة هطل الأمطار في الشهرين الأول و الثاني و كذلك ارتفاعها في شهر كانون الأول نتيجة أمطار هذا الشهر و أمطار شهر تشرين الثاني ، تبدأ بعدها الرطوبة على هذا العمق بالانخفاض في شهر أيار (232) كغ/م^2 مع تراجع الهطل المطري و تستمر بالانخفاض لتصبح أدنى قيمة لها في شهري أيلول و تشرين الأول بقيمة 146 كغ/م^2 و آب بقيمة 150 كغ/م^2 و تعاود الارتفاع في تشرين الثاني و كانون الأول مع الهطل المطري .



الشكل (66) متوسط كمية الهطل المطري و الرطوبة الأرضية على عمق 0 – 100 سم للنقاط المدروسة لعام 2007

يلاحظ من خرائط الهطل الري لعام 2008 الشكل (29) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن الهطل المطري في هذا العام تراجع إلى حد كبير من حيث الكمية والتوزع فقد تركزت الهطلات المطرية خلال الأشهر (1- 2- 3- 12) وتراجعت بشكل كبير في الشهر الرابع فهي تعد من أشد السنوات جفافاً في سورية ويلاحظ من الشكل (29) تحسن الهطل ولكن ليس تحسنا كبيرا في الأشهر 10 و11 و 9 و أن شهر 5 أفضل من شهر 4 وانعدمت الأمطار تقريبا في الأشهر السادس و السابع والثامن حيث يمكن اعتبارها آثاراً لهطل مطري نتيجة الارتفاع الشديد في درجات الحرارة حيث يبين المخطط البياني (الشكل 67) قيم المتوسط الشهري للهطل المطري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2008 فقد كان أعلى متوسط في الأشهر 1 و 2 و12 و 3 بقيم 147 و108 و108 و75 مم على التوالي وسجلت آثارا متفرقة لهطل الأمطار في الشهر 7 والشهر 8 بمتوسط هطل مطري 2 و4 مم على التوالي .

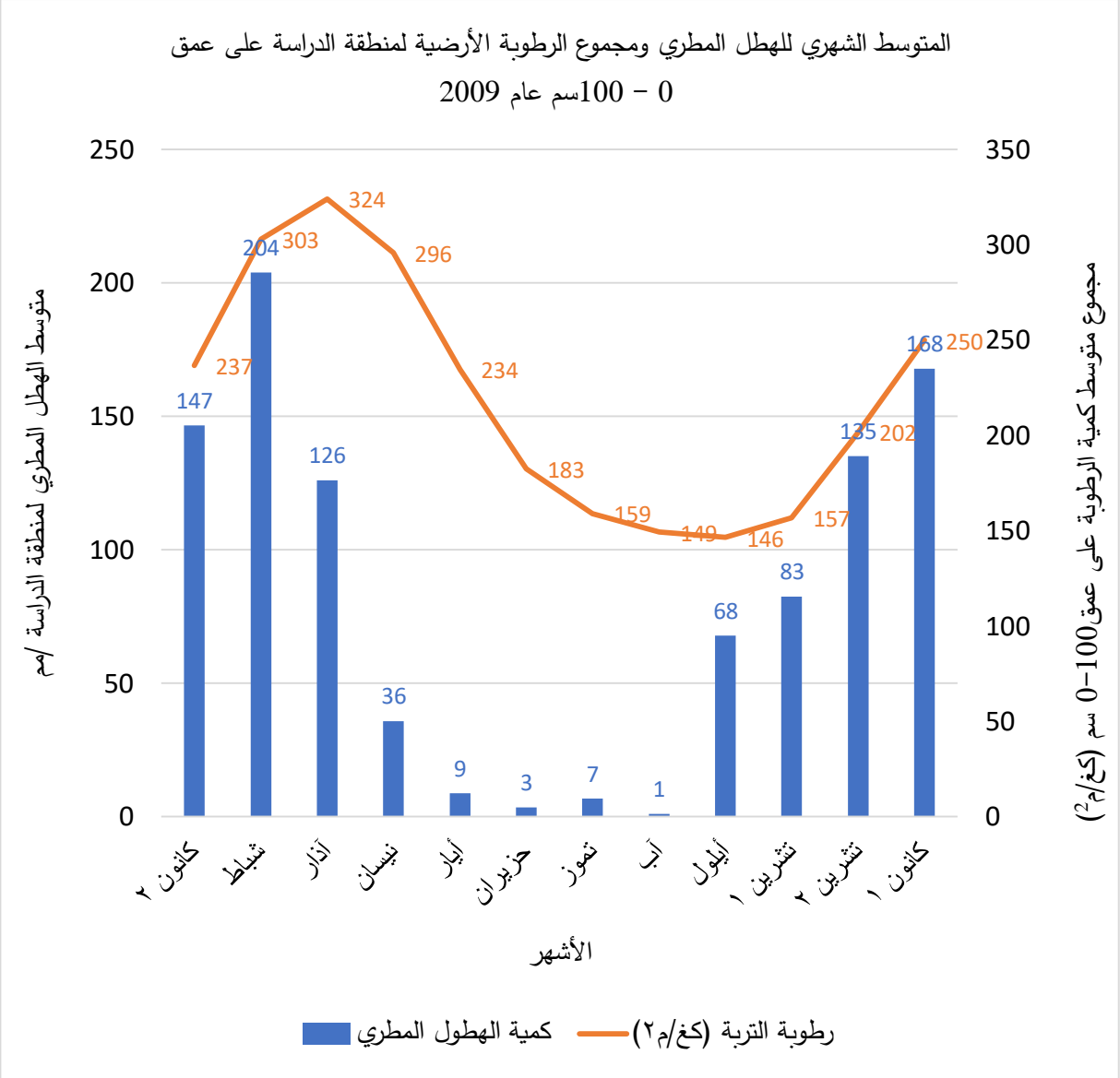
يوضح الشكل (67) أن رطوبة التربة الأرضية على عمق (0-100) سم للبيكسلات المدروسة كان في الأشهر 2 و3 و1 و4 بقيم 316 و290 و273 و235 كغ/ م^2 على التوالي حيث يلاحظ فرق واضح بين القيم و يعود السبب إلى هطل الأمطار ، رغم تراجع الهطل في شهر نيسان إلا أن رطوبته عالية و يلاحظ تراجع الرطوبة الأرضية تدريجيا مع تراجع الأمطار من شهر لآخر و تبدأ بالانخفاض الواضح في شهر أيار بقيمة للرطوبة الأرضية (187) كغ/م^2 و تتراجع كثيرا في حزيران و تموز و آب بشكل متزن مع انعدام الأمطار لتصبح أدنى قيمة لها في الأشهر 9 و8 و7 بقيم 142 و143 و149 كغ/ م^2 على التوالي و هذا الأمر طبيعي لانعدام الهطل المطري في هذه الأشهر من عام 2008 و يعود السبب للتغيرات المناخية و خاصة ارتفاع درجة الحرارة ، و يلاحظ بدء ارتفاع الرطوبة في أشهر تشرين الأول و تشرين الثاني و كانون الأول كانون الأول من العام نفسه مع بدء الهطل المطري ، بالتالي من الملاحظ انخفاض كبير و متزامن بين هطل الأمطار والرطوبة الأرضية خلال أشهر عام 2008 وهي من سنوات الجفاف التي تعرضت لها سوريا.



الشكل (67) متوسط كمية الهطل المطري و الرطوبة الأرضية على عمق 0 – 100 سم للنقاط المدروسة لعام 2008

يلاحظ من خرائط الأمطار لعام 2009 الشكل (32) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن أمطار هذا العام كانت جيدة إلى حد كبير من حيث الكمية و التوزع فقد تركز الهطل المطري خلال الأشهر (1- 2- 3 – 9 – 10 – 11- 12) وتراجع في الشهر الرابع وأكثر في الشهر الخامس وانعدم تقريبا في الشهر السادس و السابع و الثامن حيث يمكن اعتبارها آثاراً لهطل مطري نتيجة الارتفاع الشديد في درجات الحرارة و يبين المخطط البياني (الشكل 68) المتوسط الشهري للهطل المطري للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2009 فقد كان أعلى متوسط هطل مطري في الأشهر 2 و12 و1 و11 و3 و10 و9 بقيم 204 و168 و147 و135 و126 و83 و68 مم على التوالي وسجلت آثارا متفرقة للهطل المطري في الشهر 8 و6 و7 بقيم متوسط 1 و3 و7 مم على التوالي .

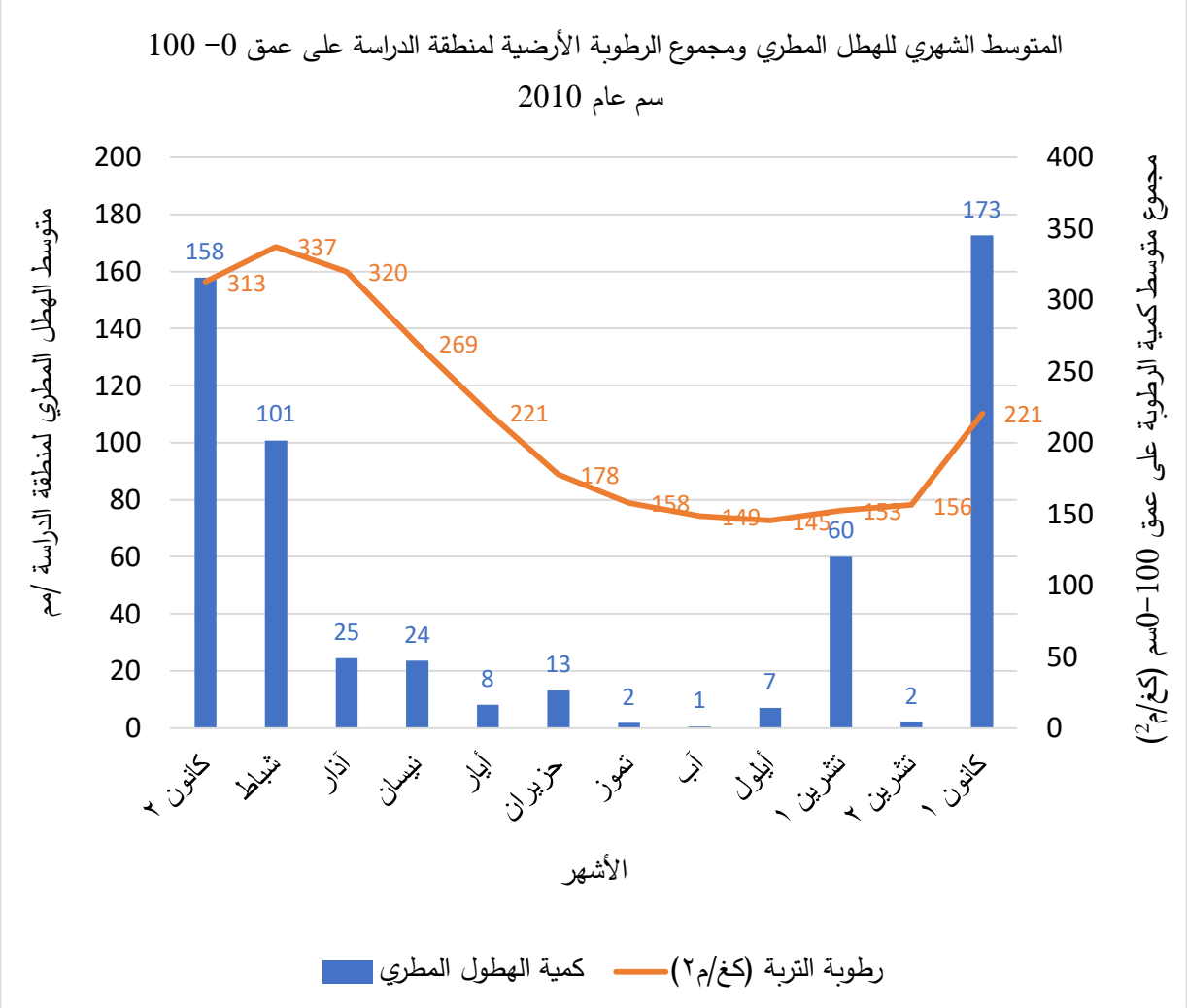
يوضح الشكل (68) أن أعلى قيم للرطوبة الأرضية على عمق (0–100) سم للبيكسلات المدروسة كانت في الأشهر 3 و2 و 4 و12 و1 و 5 بقيم 324 و 303 و296 و250 و237 و 234 كغ/ م^2 على التوالي و تبدأ بالانخفاض بشكل واضح و فرق كبير بين شهر أيار و حزيران لتصبح قيمة الرطوبة الأرضية في حزيران (183) كغ/م^2 بسبب توقف هطل الأمطار في الشهر الثالث و استنزاف التربة للرطوبة المحتفظة فيها و توالي انخفاضها في تموز و آب لتصبح أدنى قيمة لها في أشهر أيلول و آب و تشرين الأول بقيم 146 و 149 و 157كغ/م^2 على التوالي ثم تعاود الرطوبة الأرضية الارتفاع و بشكل كبير وواضح في شهري تشرين الثاني و كانون الأول نتيجة هطل الأمطار في هذه الأشهر و هطل الأشهر السابقة.



الشكل (68) متوسط كمية الهطل المطري و الرطوبة الأرضية على عمق 0 –100 سم للنقاط المدروسة لعام 2009

يلاحظ من خرائط الهطل المطري لعام 2010 الشكل (35) للبيكسلات المدروسة الموضحة في الشكل (3) أن هطل الأمطار في هذا العام تراجع كثيرا من حيث الكمية والتوزع فقد تركز الهطل خلال الأشهر 1- 2- 10- 12 مشابهة لعام 2008 وتراجع في الشهرين الثالث و الرابع وأكثر في الشهرين الخامس والسادس وانعدم ليصبح بشكل أثر في أشهر الصيف السابع و الثامن نتيجة الارتفاع الشديد في درجات الحرارة ومن الملفت في الخرائط المنتجة لهذا العام الشكل (35) تراجع الهطل المطرية بشكل حاد في شهر 11 حيث يبين المخطط البياني (الشكل 69) قيم المتوسط الشهري للهطلات المطرية للبيكسلات المدروسة خلال أشهر عام 2010 فقد كان أعلى متوسط للهطل المطري الشهري في الأشهر 12 و1 و2 و10 بقيم 173 و158 و101 و60 مم على التوالي وأقل قيمة متوسط مسجلة للهطلات المطرية الشهرية في الأشهر 8 و11 و7 و9 و5 و6 بقيم 1 و2 و2 و7 و8 و13 مم على التوالي .

يوضح الشكل (69) أن الرطوبة الأرضية الشهرية لعمق (0-100) سم للبيكسلات المدروسة كانت في الأشهر 2 و3 و1 و 4 بقيم 337 و 320 و 313 و 269 كغ/ م^2 على التوالي و يلاحظ من هذه القيم أن الفرق في الانخفاض بينها واضح بشكل كبير و توالي انخفاضها مع تراجع هطل الأمطار في أيار لتصبح قيمة الرطوبة في هذا الشهر من عام 2010 على هذا العمق (221) كغ/م^2 و تتراجع كثيرا في تموز و آب لتصبح أدنى قيمة لها في الأشهر 9 و8 و10 بقيم 145 و 149 و 153 كغ/ م^2 على التوالي ، و ترتفع في شهر كانون الأول بفرق كبير مع الشهرين السابقين نتيجة هطل الأمطار بقيمة (221) كغ/م^2



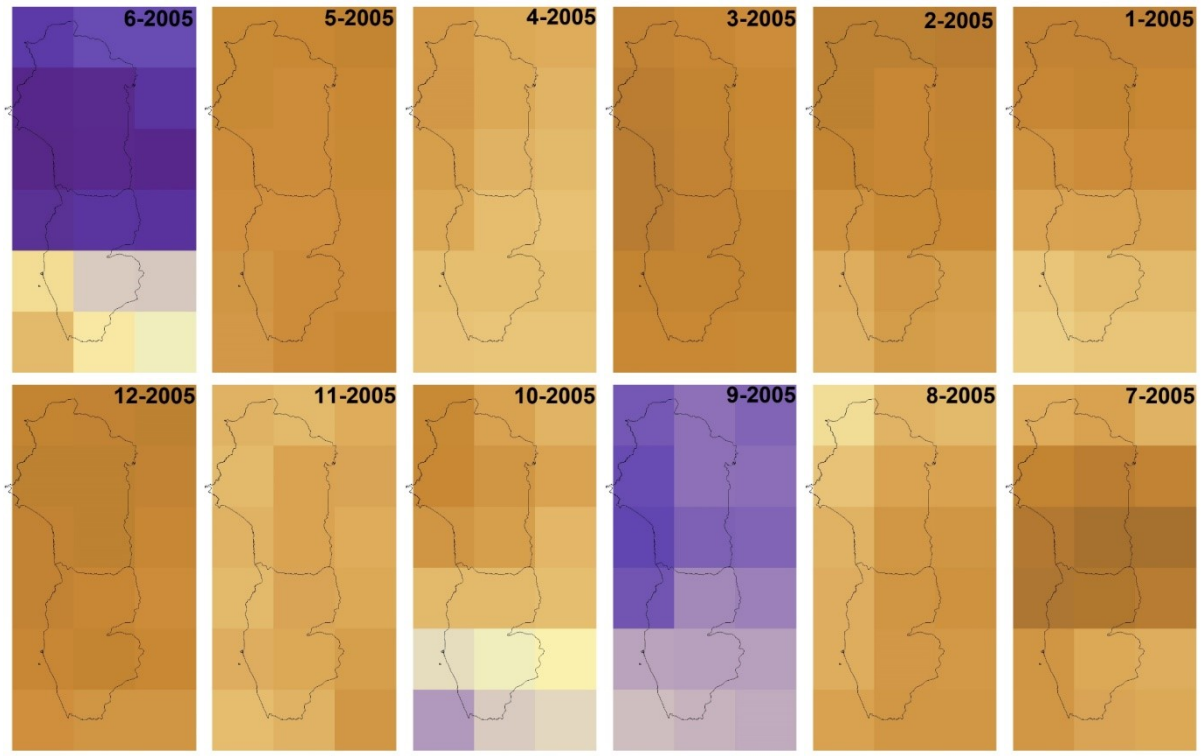
الشكل (69) متوسط كمية الهطل المطري و الرطوبة الأرضية على عمق 0 – 100 سم للنقاط المدروسة لعام 2010

3-9 العلاقة بين كمية الهطل المطري ودليل الهطل القياسي SPI:

تم إنتاج خرائط السلسلة الزمنية لدليل SPI لمنطقة الساحل السوري من عام 2005 حتى عام 2010 بشكل شهري حيث تراوحت قيم الدليل في هذه الخرائط من (2- حتى 3.5) وتدل القيم السالبة للدليل على حدوث جفاف أما القيم الموجبة فهي تدل على عدم حدوث الجفاف .

تبين الخرائط المنتجة لدليل SPI لعام 2005 الشكل (70) و حسب ألوان مفتاح خرائط الدليل الشكل (14) قيمة الدليل كانت موجبة في الشهر السادس في محافظة اللاذقية و شمال محافظة طرطوس وفي الشهر التاسع أخذ الدليل قيم موجبة على كامل منطقة الدراسة و في الشهر العاشر أخذ الدليل قيم موجبة ولكنها منخفضة في وسط و جنوب محافظة طرطوس أي عدم حصول جفاف وهذا دليل على أن هذه الأشهر و

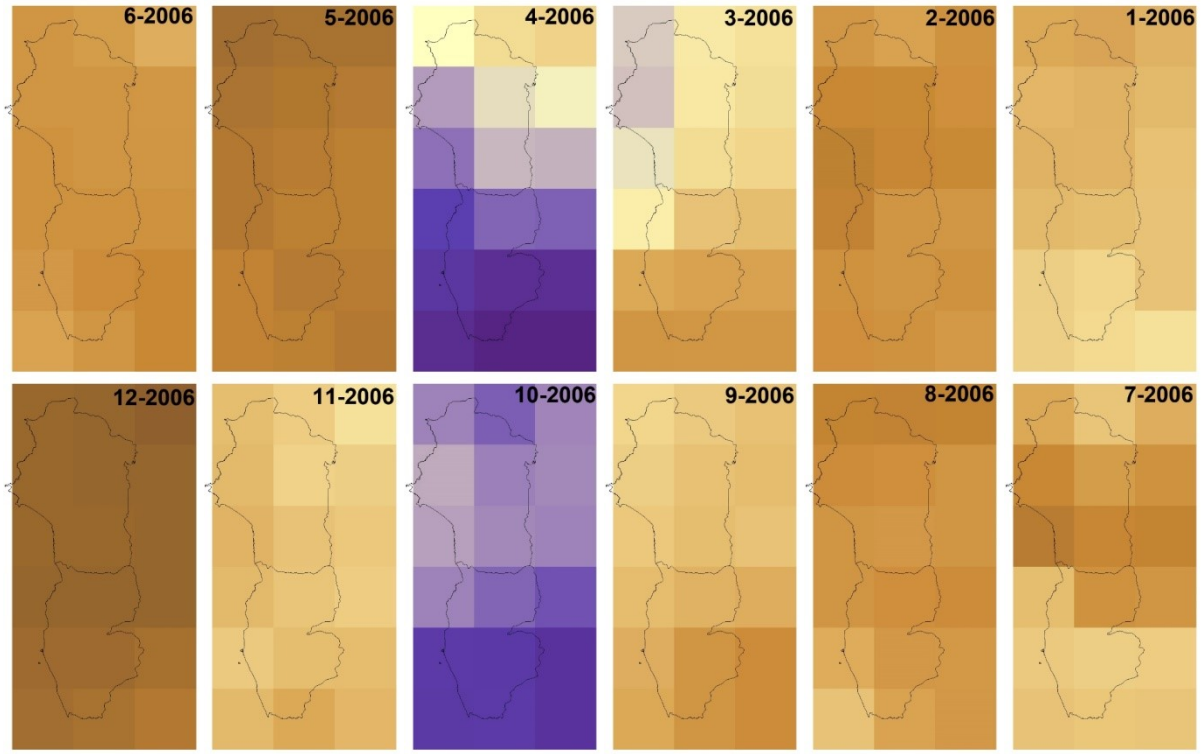
المناطق كانت رطبة ، بينما في باقي الأشهر تدرجت ألوان الخرائط بين الألوان التي تدل على حدوث جفاف حسب الشكل (14) .



الشكل (70) خرائط دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2005

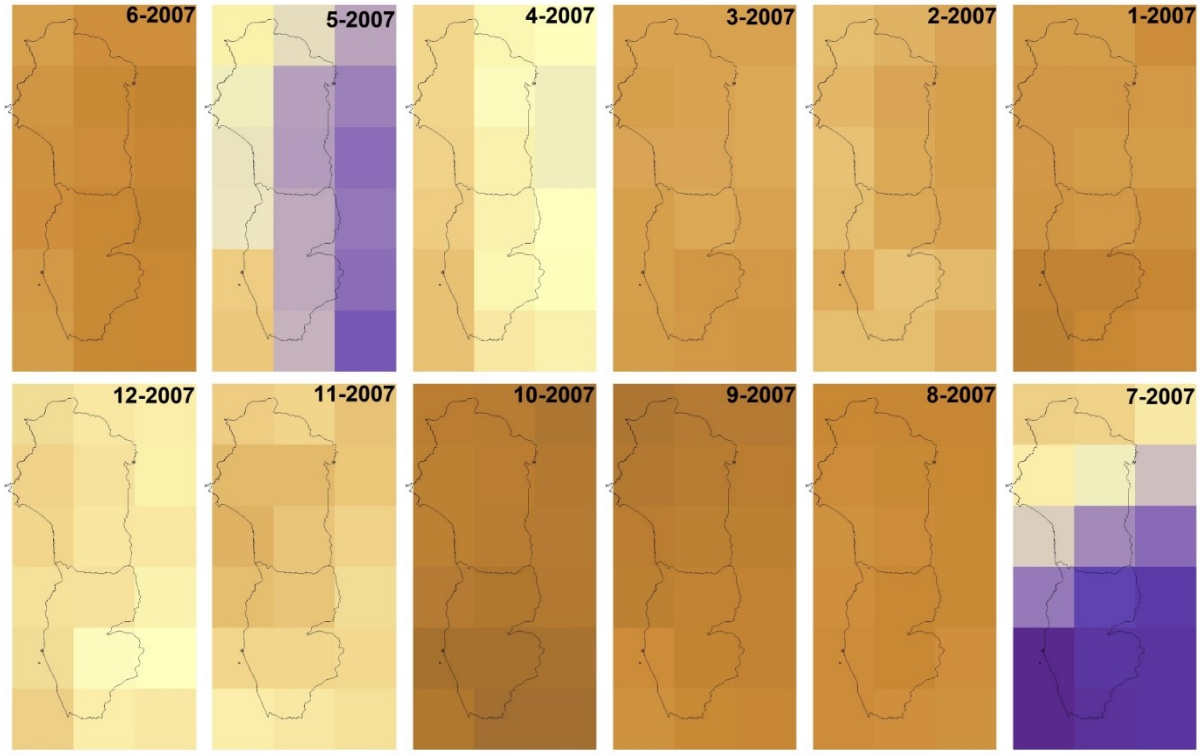
تبين الخرائط المنتجة لدليل SPI لعام 2006 الشكل (71) و حسب ألوان مفتاح خرائط الدليل الشكل (14) قيمة الدليل كانت موجبة في الشهر العاشر على كامل منطقة الدراسة وشدة اللون تحدد القيم الموجبة الأعلى حيث أنه كلما كان اللون غامق كانت قيمة الدليل الموجبة أعلى ،أما بالنسبة لشهر نيسان من العام 2006 كانت قيمة الدليل موجبة على كامل بيكسلات محافظة طرطوس أي أن هذا الشهر كان رطبا ولا يوجد جفاف في المحافظة ،أما محافظة اللاذقية خلال شهر نيسان يبين الشكل (71) وجود مساحات تعرضت للجفاف حيث توجد ألوان في الخريطة تدل على أن الدليل أخذ قيم سالبة وهذا واضح في البيكسل رقم 2 و تراجعت شدة اللون التي تدل على القيم الموجبة للدليل في المحافظة لشهر نيسان وهذا يدل على تعرض مساحات واسعة من المحافظة خلال الشهر لجفاف ،أما شهر آذار يتبين من الشكل أن هناك مساحات في محافظة اللاذقية قيم الدليل فيها موجبة ولكنها منخفضة و باقي مساحة منطقة الدراسة بدأت تتراجع فيها قيمة الدليل خلال شهر آذار لتأخذ قيم سلبية باتجاه الجفاف حيث أن شهر آذار كان أفضل من ناحية قيم الدليل في محافظة اللاذقية بالنسبة لمحافظة طرطوس حيث أن تراجع قيم الدليل واضح خلال الشهر في طرطوس وخاصة وسط جنوب المحافظة .أما الشهر الأول من العام يلاحظ أن الدليل قيمته

بدأت بالارتفاع تدريجيا ويمكن أن يعزى السبب لهطل الأمطار ، و باقي الأشهر واضح أن قيم الدليل كانت تأخذ قيم سالبة ولكن بشدات مختلفة عالية و منخفضة حسب شدة الألوان حيث يلاحظ أن الدليل في شهر أيار و كانون الأول أخذ قيم سالبة عالية وبالتالي كانت أشهر عام 2006 جافة .



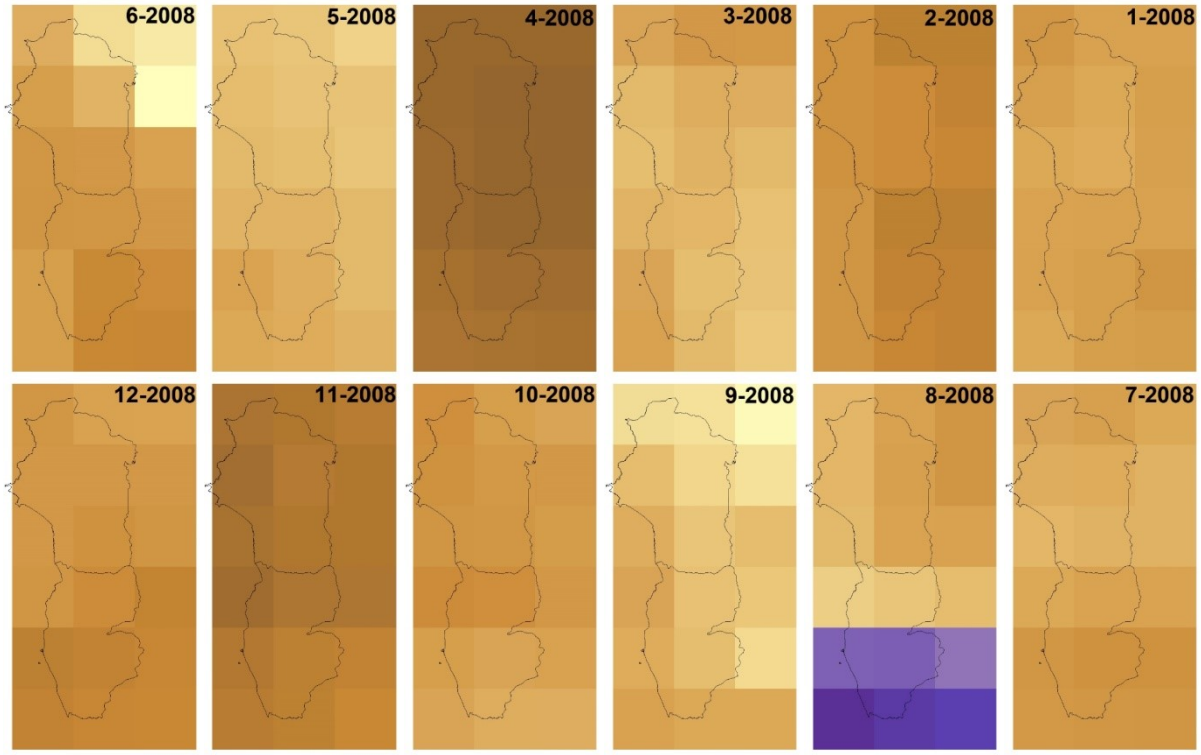
الشكل (71) خرائط دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2006

تبين الخرائط المنتجة لدليل SPI لعام 2007 الشكل (72) و حسب ألوان مفتاح خرائط الدليل الشكل (14) قيمة الدليل كانت موجبة في الشهر الخامس باتجاه الداخل من منطقة الدراسة حيث القيم الموجبة للدليل كانت عالية أما باتجاه الساحل من منطقة الدراسة كانت موجبة ولكن قيم منخفضة ، كذلك في شهر تموز من نفس العام كانت قيم الدليل موجبة وعالية في محافظة طرطوس و جنوب اللاذقية حيث أن طرطوس في هذا الشهر لم تعاني من الجفاف أما اللاذقية فقد عانت من الجفاف ولكن بشدات مختلفة حسب اختلاف قيم الدليل ، أما شهر نيسان و تشرين الثاني و كانون الأول قيم الدليل كانت سالبة إلى موجبة بقيم منخفضة وباقي الأشهر القيم السالبة واضحة جدا للدليل و بالتالي حدوث جفاف .



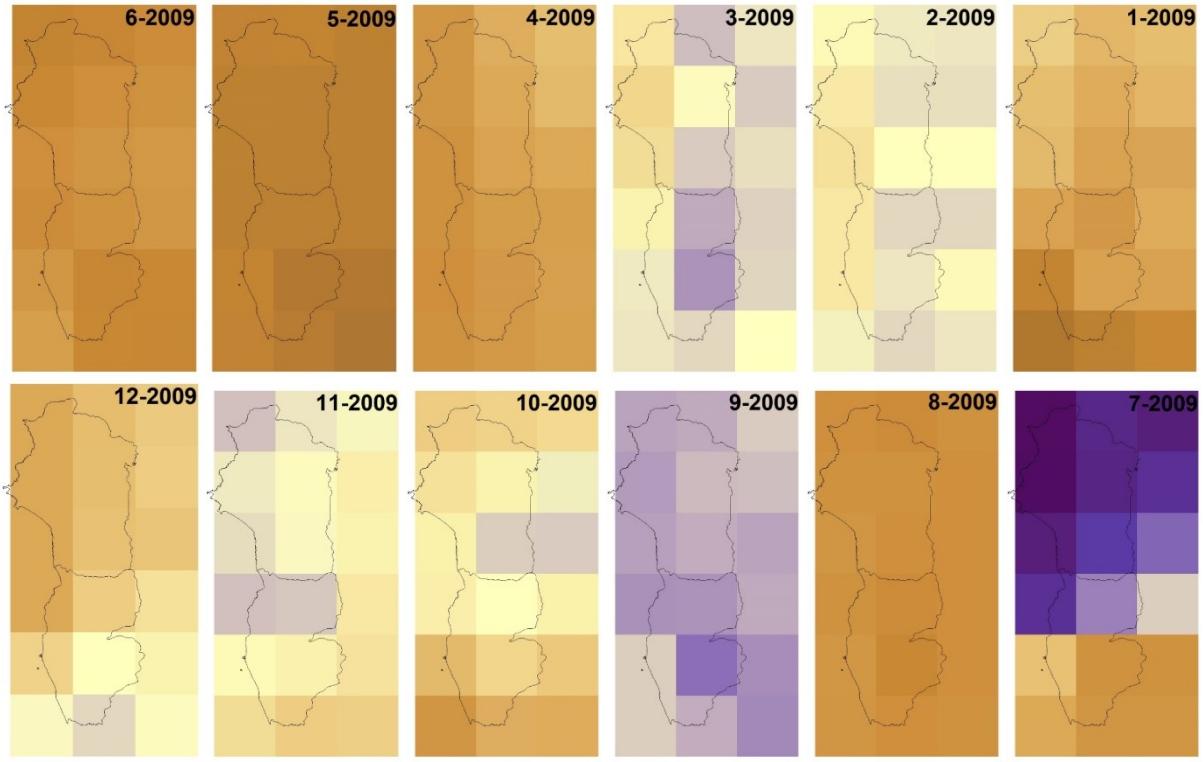
الشكل (72) خرائط دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2007

تبين الخرائط المنتجة لدليل SPI لعام 2008 الشكل (73) و حسب ألوان مفتاح خرائط الدليل الشكل (14) قيمة الدليل كانت سالبة خلال جميع أشهر عام 2008 على كامل منطقة الدراسة عدا المنطقة الجنوبية من محافظة طرطوس خلال شهر آب كانت قيم الدليل موجبة و لم تعاني من جفاف ، أي أن عام 2008 وحسب قيم الدليل لأشهر العام كان جافا ولكن بشدات مختلفة حسب القيم السالبة التي أخذها الدليل.



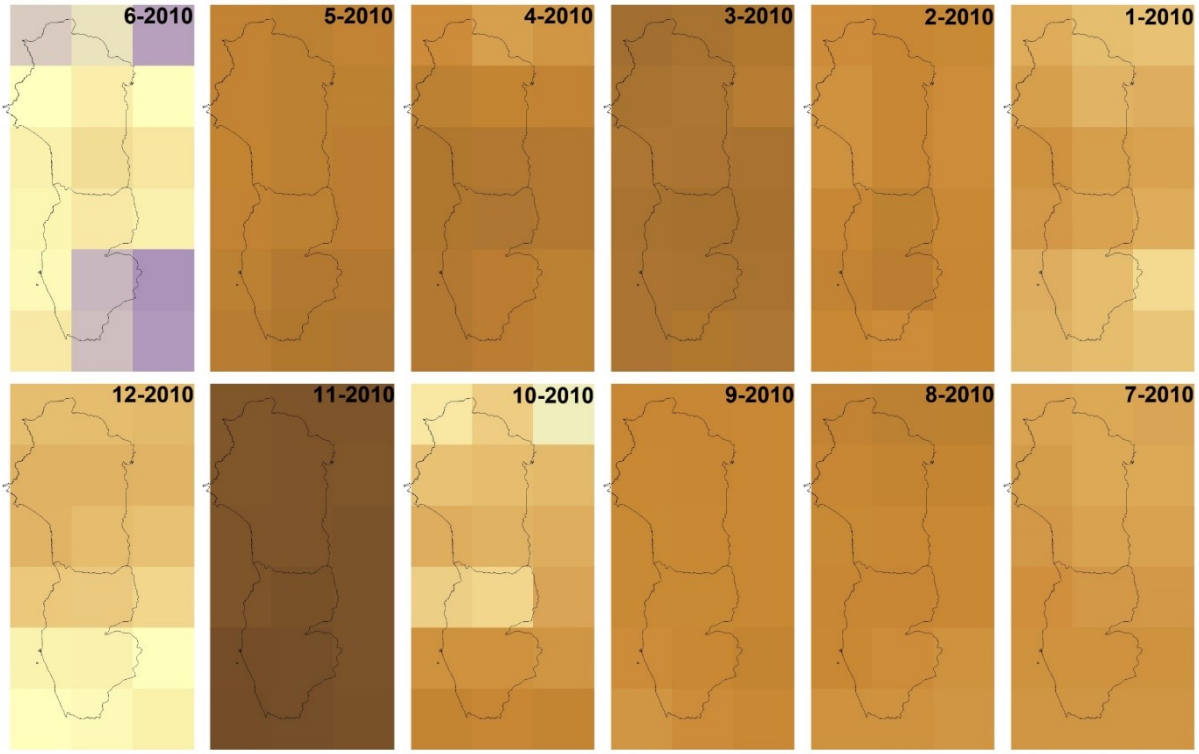
الشكل (73) خرائط دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2008

تبين الخرائط المنتجة لدليل SPI لعام 2009 الشكل (74) و حسب ألوان مفتاح خرائط الدليل الشكل (14) قيمة الدليل كانت موجبة في شهر تموز في كامل مساحة اللاذقية و الجزء الشمالي من طرطوس والقيم عالية و كذلك في شهري شباط و آذار كانت قيم الدليل موجبة باتجاه الداخل من منطقة الدراسة و بشدة منخفضة و كذلك كانت قيم الدليل موجبة في شهر أيلول على كامل منطقة الدراسة بشدات مختلفة و كذلك أخذ الدليل قيم موجبة في شهر تشرين الأول و تشرين الثاني وفي شهر كانون الأول وسط وجنوب محافظة طرطوس وبالتالي عدم حدوث جفاف خلال هذه الأشهر، أما باقي الأشهر أخذ الدليل قيم سالبة ولكن قيمها منخفضة وبالتالي الغالب على أشهر عام 2009 عدم حدوث جفاف .



الشكل (74) خرائط دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2009

تبين الخرائط المنتجة لدليل SPI لعام 2010 الشكل (75) و حسب ألوان مفتاح خرائط الدليل الشكل (14) قيمة الدليل كانت موجبة في شهر حزيران وبالتالي لا يوجد جفاف خلال هذا الشهر أما باقي الأشهر يبين الشكل أن الدليل أخذ قيما سالبة على كامل منطقة الدراسة ولكن بشدات مختلفة ، واللافت للانتباه أن الدليل أخذ قيمة سالبة في شهر تشرين الثاني وكانت منخفضة جدا حيث أن شدة الجفاف واضحة كثيرا في هذا الشهر عن باقي الأشهر من الشكل (75) على كامل منطقة الدراسة ، و بالتالي عام 2010 كان عاما جافا حسب الدليل SPI .



الشكل (75) خرائط دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2010

3-10 دليل الهطل القياسي على مستوى الشهر SPI:

يمثل الشكل (76) خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2005 بعد تصنيفها إلى 5 صفوف الممثلة لقيم دليل SPI و المعبرة عن حالة الجفاف .

حيث أظهرت النتائج أن شهر أيلول من عام 2005 يقع ضمن الصف الأول أي لا يوجد جفاف ، يليه شهر حزيران حيث أن البيكسل رقم 16 الواقع جنوب محافظة طرطوس يقع ضمن صف الجفاف الخفيف وفق جدول صفوف SPI رقم (2) مع التذكرة أن مساحة كل بكسل من البيكسلات المدروسة 25 كم^2 و باقي البيكسلات تقع ضمن الصف الأول لا يوجد جفاف أي يغلب على شهر حزيران عدم وجود جفاف .

أما شهر نيسان فالبيكسلات رقم (11 و 12 و 13 و 14 و 15 و 16) الواقعة شمال و وسط و جنوب طرطوس صنفت ضمن الصف الأول لا يوجد جفاف أما باقي البيكسلات (البيكسل رقم 10 شمال طرطوس و بيكسلات الدراسة الموجودة في محافظة اللاذقية) جميعها صنفت ضمن الصف الثاني وهو الجفاف الخفيف و هو الغالب على الشهر.

و في شهر تشرين الأول البيكسلات رقم (12 و 13 و 14 و 15 و 16 و 17) الواقعة وسط و جنوب طرطوس تقع ضمن الصف الأول لا يوجد جفاف أما البيكسلات رقم (10 و 11) شمال طرطوس و باقي

بيكسلات الدراسة الواقعة ضمن محافظة اللاذقية صنفت ضمن الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف و فق جدول صفوف SPI و هو الغالب على الشهر .

أما شهر كانون الثاني فقد بينت النتائج بعد التصنيف أن البيكسلات رقم (13 و 16 و 17) التي تقع وسط و جنوب محافظة طرطوس صنفت ضمن الصف الأول لا يوجد جفاف وفق جدول صفوف SPI ، أما باقي البيكسلات رقم (10 و 11 و 12 و 14 و 15) شمال و وسط طرطوس و بيكسلات الدراسة التي تغطي محافظة اللاذقية تقع في التصنيف ضمن الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف ، و بالتالي يغلب على هذا الشهر الجفاف الخفيف .

و في شهر تشرين الثاني البيكسل رقم 16 جنوب طرطوس يقع ضمن الصف الأول و هو لا يوجد جفاف وفق جدول صفوف SPI ، و باقي بيكسلات منطقة الدراسة التي تغطي محافظة اللاذقية و طرطوس صنفت و فق الصف الثاني وهو الجفاف الخفيف و هو الغالب على هذا الشهر .

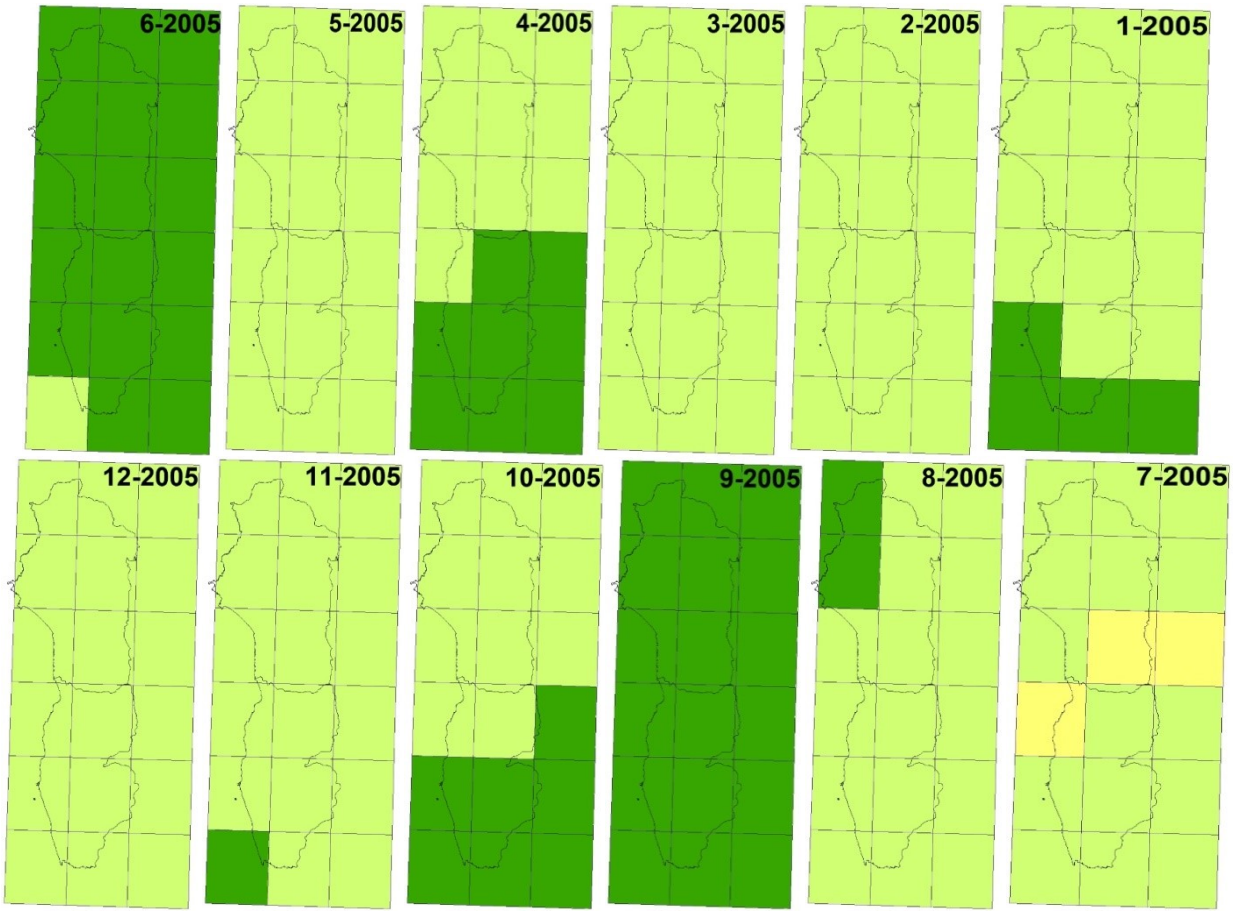
أما شهر تموز من عام 2005 فقد بينت النتائج أن البيكسلات الأربعة عشر تقع ضمن صفين هما الجفاف الخفيف و الجفاف المعتدل ، حيث أن البيكسل رقم 8 جنوب اللاذقية و البيكسل رقم 10 شمال طرطوس تقع ضمن الصف الثالث و هو الجفاف المعتدل وفق جدول صفوف SPI و باقي بيكسلات الدراسة التي تغطي المحافظتين صنفت في هذا الشهر ضمن الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف .

أشهر شباط و آذار و أيار و كانون الأول من عام 2005 تقع البيكسلات المدروسة فيها و التي تغطي محافظة اللاذقية و طرطوس ضمن صف الجفاف الخفيف .

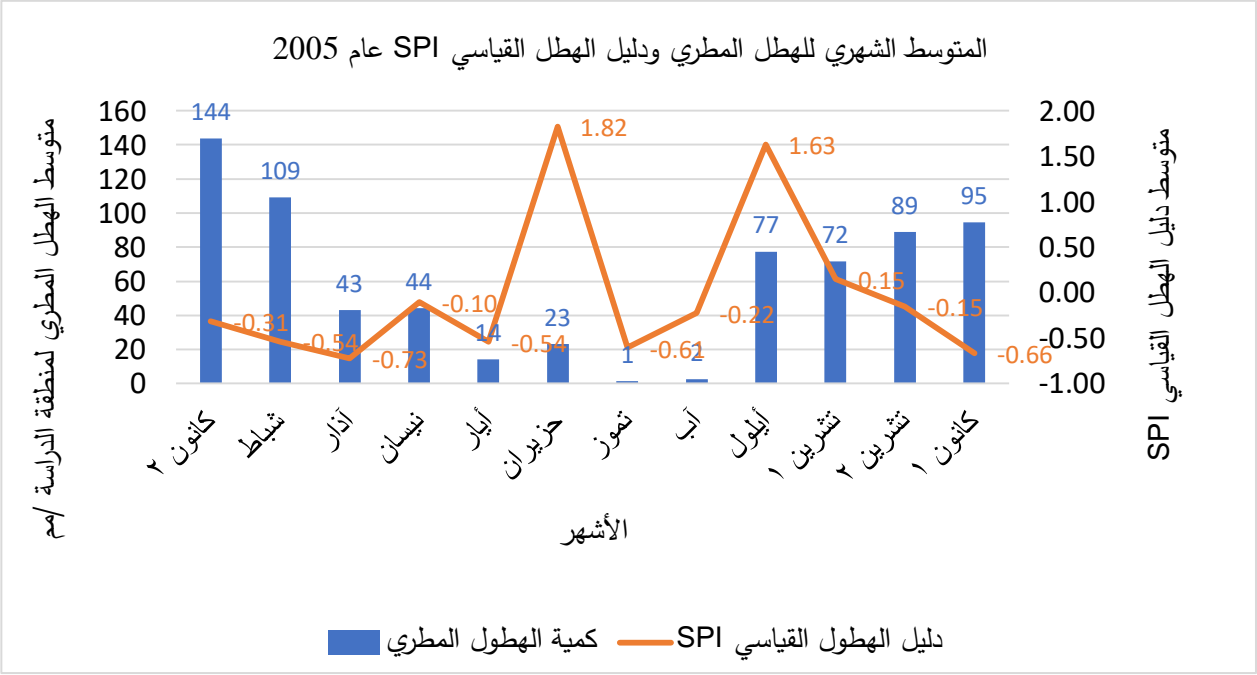
نلاحظ من الخرائط المصنفة لمنطقة الدراسة أن محافظة اللاذقية في عام 2005 غلب عليها الجفاف الخفيف للبيكسلات المدروسة .

بين المخطط البياني رقم (77) أن قيم متوسط دليل الهطل القياسي SPI للسلسلة الزمنية من عام 2000 حتى عام 2017 الموجبة كانت في حزيران و أيلول و تشرين الأول حيث أن متوسط القيمة الأعلى له في شهر حزيران (1.82) و القيم السالبة ل SPI هي الغالبة حيث يظهر المخطط أن 9 أشهر من عام 2005 كان متوسط قيمة SPI فيها سالبا ، و بالتالي يمكن القول أن هذه الأشهر تأثرت بالجفاف وفقا لصفوف هذا الدليل بالتالي فقد صنف هذا الدليل هذه الشهور بنفس الصف (الجفاف الخفيف) و يمكن إضافة شهر تشرين الأول ضمن نفس الصف من التصنيف رغم أن متوسط قيمة SPI له موجبة و لكنها قليلة جدا .

بالتالي يمكن القول أن الغالب على منطقة الساحل السوري عام 2005 هو الجفاف الخفيف .



الشكل (76) خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2005



الشكل (77) متوسط كمية الهطل المطري و دليل SPI للنقاط المدروسة لعام 2005

يمثل الشكل (78) خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2006 بعد تصنيفها إلى 5 صفوف الممثلة لقيم دليل SPI و المعبرة عن حالة الجفاف .

حيث تبين النتائج أن البيكسلات الأربعة عشر الممثلة لمنطقة الدراسة (الساحل السوري) لم تتعرض لأي نوع من الجفاف المصنف وفق جدول SPI خلال شهري نيسان و تشرين الأول ، يليهما شهري آذار و تشرين الثاني حيث أنه في شهر آذار للبيكسلات رقم (1 و 2 و 4 و 5 و 7 و 8) التي تغطي محافظة اللاذقية و البيكسلات رقم (10 و 11 و 12) الواقعة شمال محافظة طرطوس لا تعاني من الجفاف أي ضمن الصف الأول وفق جدول صفوف SPI ، أما باقي بيكسلات منطقة الدراسة الواقعة وسط و جنوب طرطوس (13 و 14 و 15 و 16 و 17) صنفت ضمن الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف و بالتالي يغلب على هذا الشهر الجفاف الخفيف .

أما بالنسبة لشهر تشرين الثاني فإن البيكسلات (1 و 2 و 5 و 8) الواقعة شمال و وسط و جنوب محافظة اللاذقية و البيكسلات رقم (11 و 12 و 13 و 14 و 15) التي تغطي كامل محافظة طرطوس تقريبا تصنف ضمن الصف الأول لا يوجد جفاف ، أما البيكسلات رقم (4 و 7) الواقعة وسط و جنوب محافظة اللاذقية بالقرب من البحر و البيكسلات رقم (15 و 16 و 17) جنوب طرطوس تصنف ضمن الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف ، و بالتالي يغلب على هذا الشهر من عام 2006 عدم وجود جفاف .

بعدها يأتي شهر كانون الثاني حيث أن البيكسلات رقم (11 و 12 و 13 و 14 و 15 و 16 و 17) الواقعة شمال وجنوب طرطوس و في الداخل و بالقرب من البحر لم تتعرض للجفاف حيث صنفت ضمن الصف الأول لا يوجد جفاف ، أما البيكسل رقم 10 شمال طرطوس و البيكسلات رقم (1 و 2 و 4 و 5 و 7 و 8) التي تغطي محافظة اللاذقية تقع ضمن الصف الثاني وفق جدول صفوف SPI وهو الجفاف الخفيف .

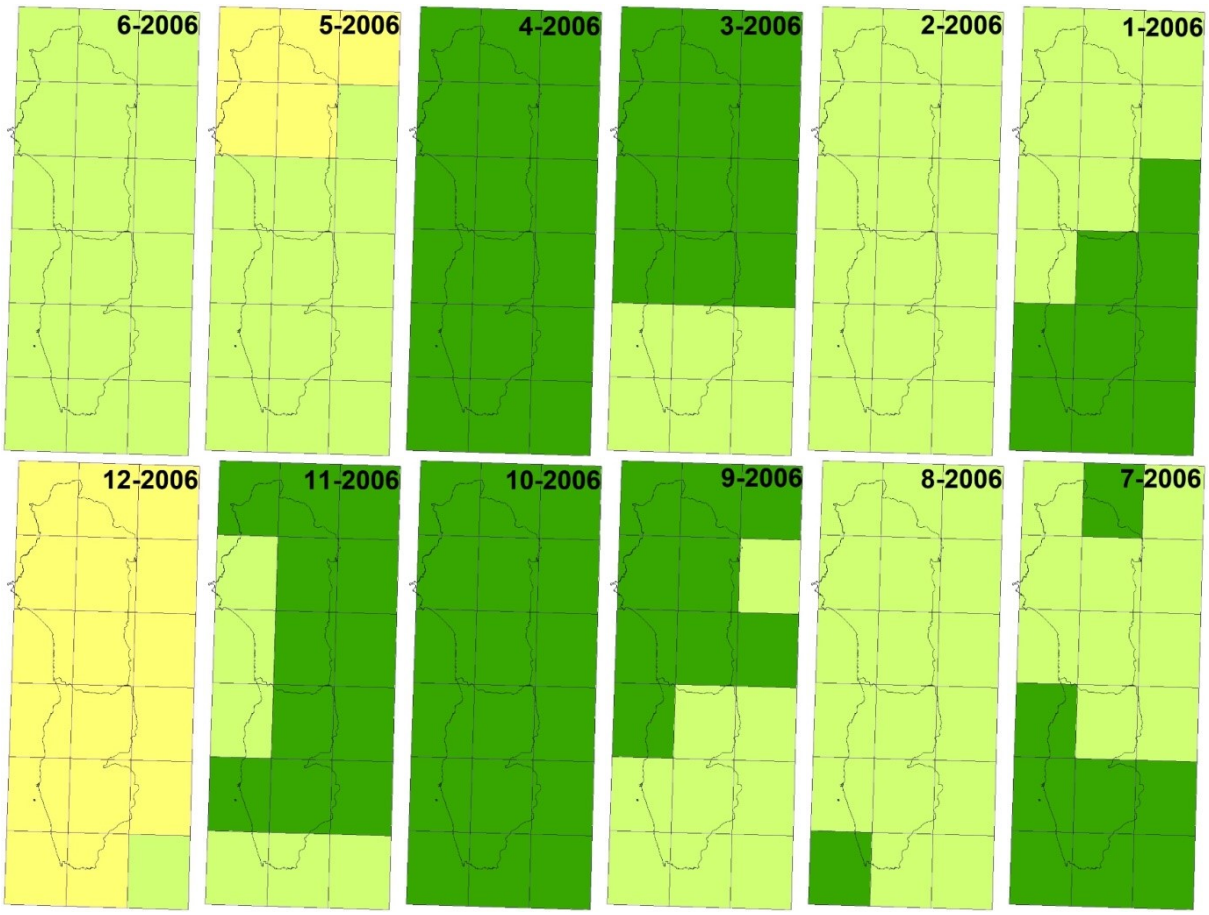
بالنسبة لشهر تموز خلال عام 2006 بينت نتائج الدراسة أن البيكسل رقم 2 شمال محافظة اللاذقية و الموازي لسلاسل الجبال و البيكسلات رقم (10 و 13 و 14 و 15 و 16 و 17) التي تغطي تقريبا كامل محافظة طرطوس لم تتعرض لأي نوع من الجفاف فهي تقع ضمن الصف الأول لا يوجد جفاف في هذا الشهر من عام 2006 لهذه المساحة ، أما البيكسلات رقم (1 و 4 و 5 و 7 و 8) الواقعة شمال و وسط و جنوب و إلى الداخل و محاذية للجبال و البحر في محافظة اللاذقية و البيكسلات رقم (11 و 12) الواقعة شمال طرطوس صنفت ضمن الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف .

في شهر آب يتبين أن البيكسل رقم 16 جنوب طرطوس الجزء القريب من البحر لم يتعرض للجفاف صنف ضمن الصف الأول أما باقي البيكسلات صنفت في هذا الشهر ضمن الصف الثاني وفق جدول صفوف SPI وهو الجفاف الخفيف .

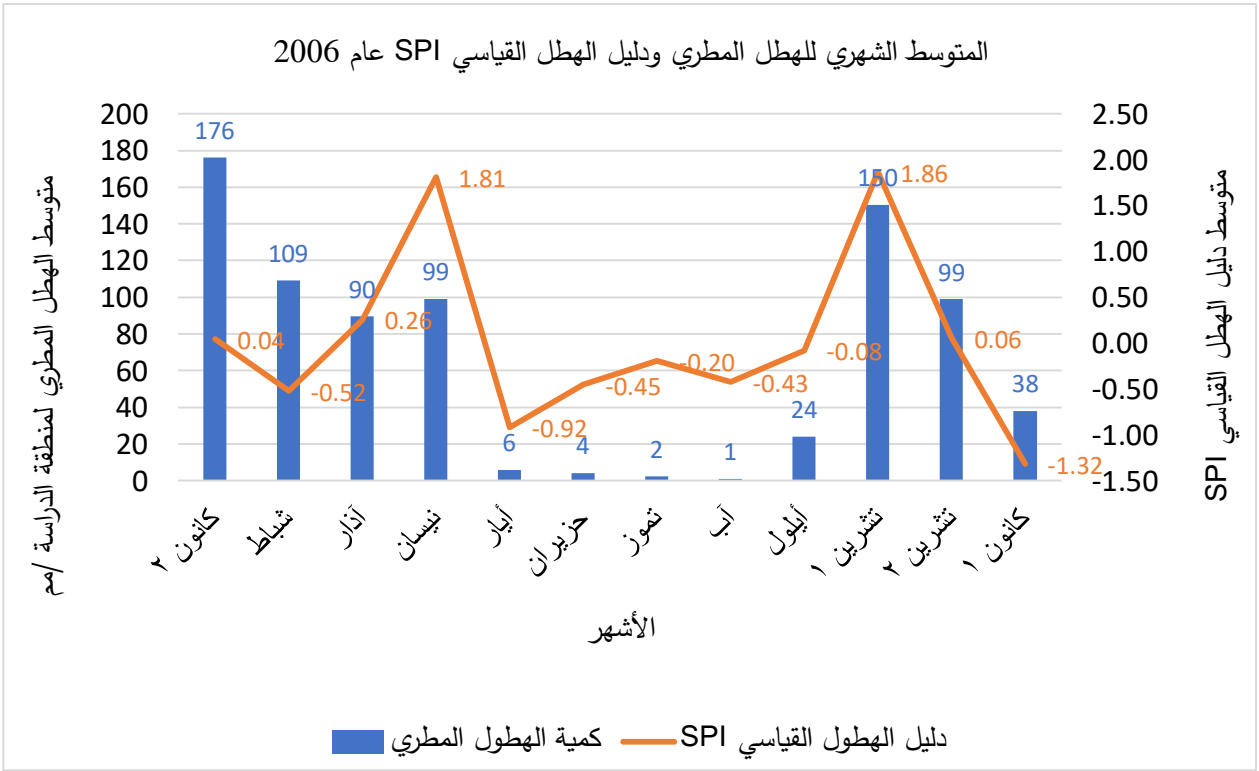
شهر كانون الأول من عام 2006 جميع بيكسلات منطقة الدراسة تقع ضمن الصف الثالث وفق جدول صفوف SPI و هو الجفاف المعتدل .

أما شهر أيار البيكسلات رقم (1 و 2 و 4 و 5) في شمال و وسط اللاذقية صنفت مساحتها ضمن الصف الثالث و هو الجفاف المعتدل أما باقي بيكسلات منطقة الدراسة صنفت ضمن الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف ، و بالتالي يغلب على هذا الشهر الجفاف الخفيف ، و أيضا صنفت البيكسلات المدروسة خلال شهري شباط و حزيران من عام 2006 ضمن صف الجفاف الخفيف .

يبين المخطط البياني (79) أن متوسط قيم دليل الهطل القياسي SPI للسلسلة الزمنية من عام 2000 و حتى عام 2017 كانت موجبة خلال خمسة أشهر من السنة أعلاها في شهر تشرين الأول (1.86) حيث أن هذا الشهر هو الأكثر رطوبة خلال عام 2006 يليه شهر نيسان (1.81) ، و سبعة أشهر خلال العام كانت قيمة SPI سالبة حيث أن ستة أشهر وفق متوسط قيم الدليل تصنف ضمن صف الجفاف الخفيف ، بينما قيمة الدليل السالبة (1.32-) لشهر كانون الأول الواضحة في المخطط وضعته ضمن الصف الثالث وهو الجفاف المعتدل و هو الشهر الأقل رطوبة خلال العام ، حيث يغلب على عام 2006 الجفاف الخفيف .



الشكل (78) خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2006



الشكل (79) متوسط كمية الهطل المطري و دليل SPI للنقاط المدروسة لعام 2006

يمثل الشكل (80) خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2007 بعد تصنيفها إلى 5 صفوف الممثلة لقيم دليل SPI و المعبرة عن حالة الجفاف .

حيث تبين النتائج أن النقاط الاربعة عشر التي تغطي منطقة الدراسة في أشهر نيسان و أيار و تموز و كانون الأول من عام 2007 جميعها مصنفة ضمن الصف الأول لا يوجد جفاف وفق جدول صفوف SPI ، بعدها يأتي شهر تشرين الثاني حيث أن البيكسلات رقم (1 و 2 و 8) الواقعة ضمن شمال و جنوب محافظة اللاذقية و البيكسلات رقم (10 و 11 و 12 و 13 و 14 و 15 و 16 و 17) التي تقع شمال و وسط و جنوب محافظة طرطوس صنفت ضمن الصف الأول لا يوجد جفاف ، والبيكسلات رقم (4 و 5 و 7) الواقعة وسط و جنوب اللاذقية تقع ضمن الصف الثاني و فق جدول صفوف SPI وهو الجفاف الخفيف ، و بالتالي يغلب على الشهر التصنيف ضمن الصف الأول و هو عدم وجود جفاف .

بينما البيكسلات رقم (1 و 7) الواقعان شمال و جنوب محافظة اللاذقية بالقرب من الجبال و البحر و البيكسلات رقم (10 و 14 و 16 و 17) الواقعة شمال و وسط و جنوب طرطوس قريبة من البحر و إلى الداخل في شهر شباط من عام 2007 صنفت ضمن الصف الأول لا يوجد جفاف ، أما باقي البيكسلات التي تغطي منطقة الدراسة صنفت ضمن الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف و معظمها يغطي محافظة اللاذقية و بالتالي هذا الشهر يقع ضمن صف الجفاف الخفيف .

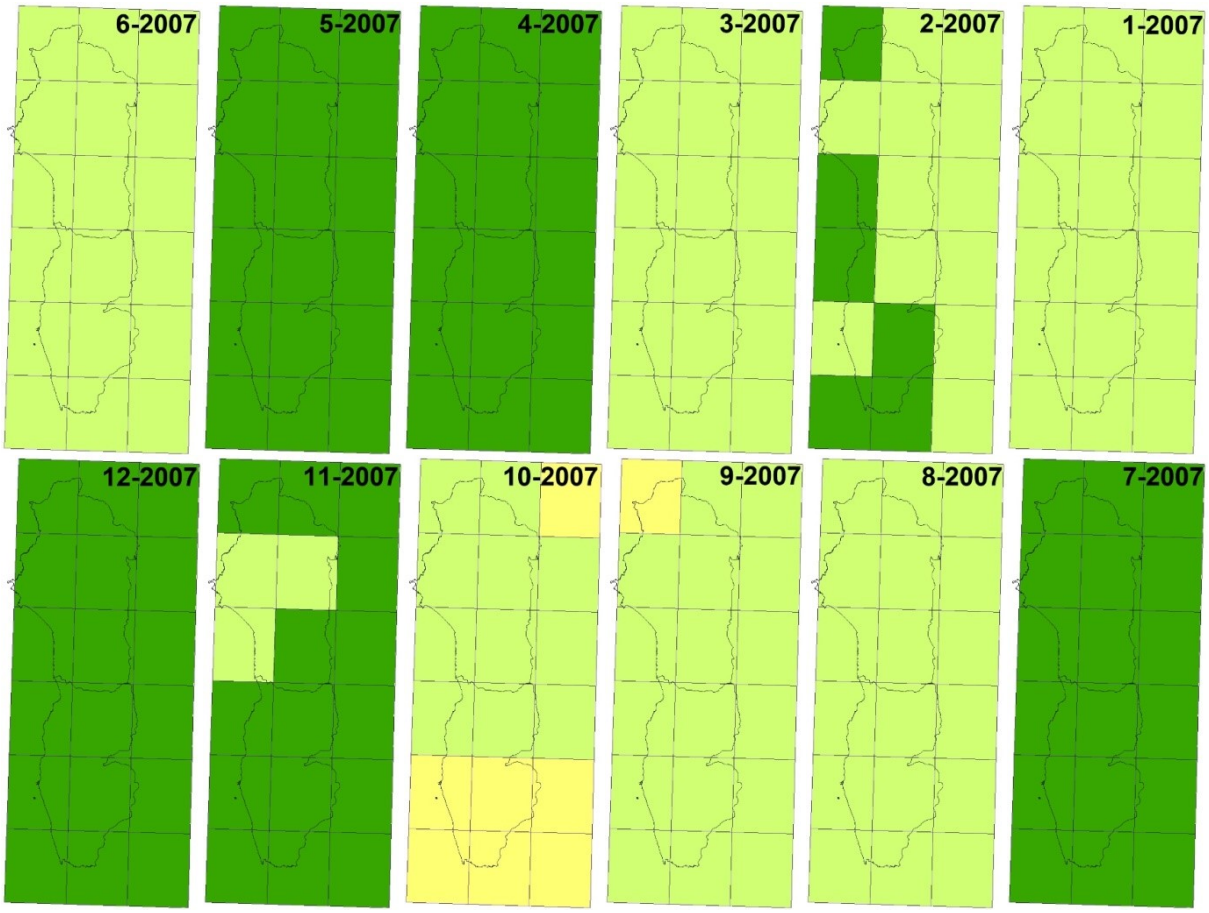
أشهر كانون الثاني و آذار و حزيران و آب تقع بيكسلات منطقة الدراسة خلال هذه الأشهر ضمن الصف الثاني وهو الجفاف الخفيف .

أما شهر أيلول فنلاحظ البيكسل رقم (1) شمال محافظة اللاذقية يقع ضمن صف الجفاف المعتدل و باقي بيكسلات منطقة الدراسة تقع ضمن الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف ويغلب على هذا الشهر .

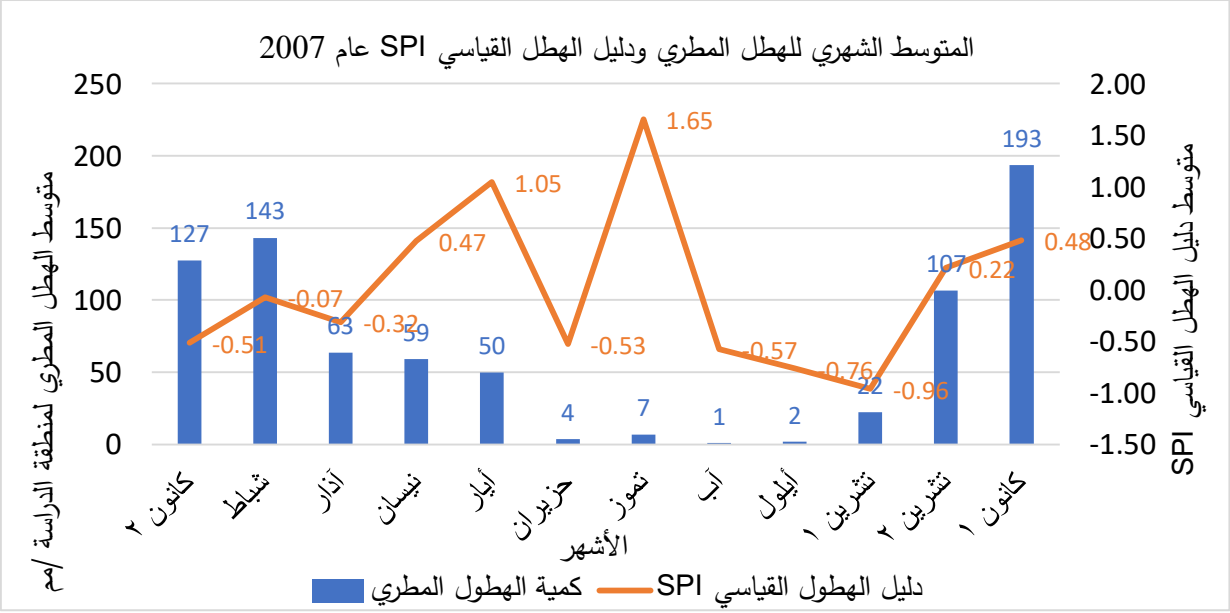
تبين النتائج أن البيكسلات رقم (13 و 14 و 15 و 16 و 17) الواقعة وسط و جنوب طرطوس خلال شهر تشرين الأول صنفت ضمن الصف الثالث و هو الجفاف المعتدل و باقي البيكسلات المدروسة ضمن صف الجفاف الخفيف و هو الغالب على هذا الشهر .

يبين المخطط البياني (81) عند دراسة متوسط قيم SPI للسلسلة الزمنية من عام 2000 – 2017 مع متوسط قيم الأمطار لسلسلة الدراسة أن قيمة الدليل كانت موجبة خلال خمسة أشهر أعلاها في شهر تموز (1.65) و باقي الاشهر كانت قيمة الدليل سالبة (7) أشهر و بالتالي حسب قيم الدليل SPI يمكن اعتبار هدا العام عرضة

للجفاف المناخي حيث أن غالبية الأشهر صنفت ضمن صف واحد وهو الصف الثاني وفق جدول صفوف SPI نظرا للقيم المنخفضة السالبة التي سجلها الدليل خلال أشهر العام .



الشكل (80) خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2007



الشكل (81) متوسط كمية الهطل المطري و دليل SPI للنقاط المدروسة لعام 2007

يمثل الشكل (82) خرائط صفوف ليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2008 بعد تصنيفها إلى 5الممثلة لقيم دليل SPI و المعبرة عن حالة الجفاف .

حيث تبين النتائج أن شهر أيلول من عام 2008 بالنسبة للبيكسلات المدروسة هو افضل شهر في هذا العام حيث أن البيكسلات رقم (1 و 2 و 4 و 5 و 8) الواقعة شمال و وسط و جنوب اللاذقية و البيكسلات رقم (11 و 12 و 14 و 15) الواقعة شمال و وسط طرطوس صنفت ضمن الصف الأول وفق جدول صفوف SPI لا يوجد جفاف ، أما باقي بيكسلات منطقة الدراسة خلال هذا الشهر تقع ضمن الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف و معظمها في طرطوس أي أن هذا الشهر خلال عام 2008 هو الأرطب مناخيا من ناحية الهطلات المطرية .

ثم يأتي شهر آب من عام 2008 حيث أن البيكسلات المدروسة التي تقع في محافظة طرطوس كاملة و هي (10 و 11 و 12 و 13 14 و 15 و 16 و 17) صنفت ضمن الصف الأول لا يوجد جفاف أما كامل بيكسلات الدراسة في محافظة اللاذقية تقع ضمن الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف ، وبالتالي خلال هذا الشهر من عام 2008 تعرضت اللاذقية لجفاف خفيف أما طرطوس لم تصنف ضمن أي صف من جدول صفوف SPI .

أما بالنسبة لشهر أيار من عام 2008 لم تعاني محافظة اللاذقية من أي نوع من الجفاف حيث تقع بيكسلات الدراسة الموجودة ضمن المحافظة جميعها ضمن الصف الأول لا يوجد جفاف عدا البيكسل رقم 7 جنوب اللاذقية صنف ضمن الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف ، أما محافظة طرطوس فتقع كاملة ضمن الصف الثاني وهو الجفاف الخفيف خلال هذا الشهر .

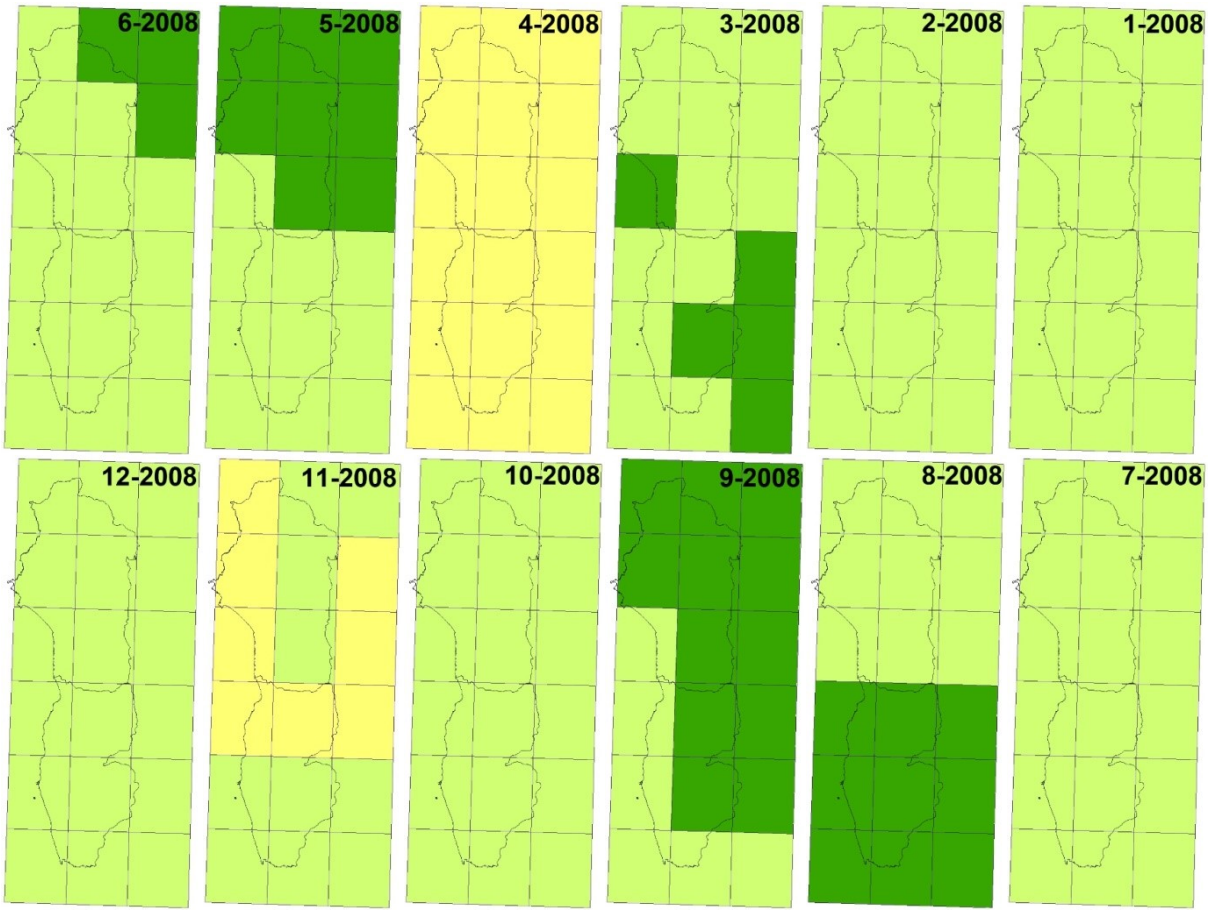
ويظهر خلال شهر آذار سلوكا مختلفا لمحافظة اللاذقية حيث أن بيكسلات الدراسة التي تغطي محافظة اللاذقية جميعها صنفت ضمن صف الجفاف الخفيف عدا البيكسل رقم 7 جنوب المحافظة صنف ضمن لا يوجد جفاف و كذلك بيكسلات محافظة طرطوس تابعة لنفس الصف الجفاف الخفيف عدا البيكسلات رقم (12و 14 و 15) صنفت ضمن صف لا يوجد جفاف .

أما شهر نيسان من عام 2008 صنف الساحل السوري فيه ضمن الصف الثالث وفق جدول صفوف SPI وهو الجفاف المعتدل حيث أن جميع بيكسلات الدراسة واقعة ضمن هذا الصف خلال هذا الشهر .

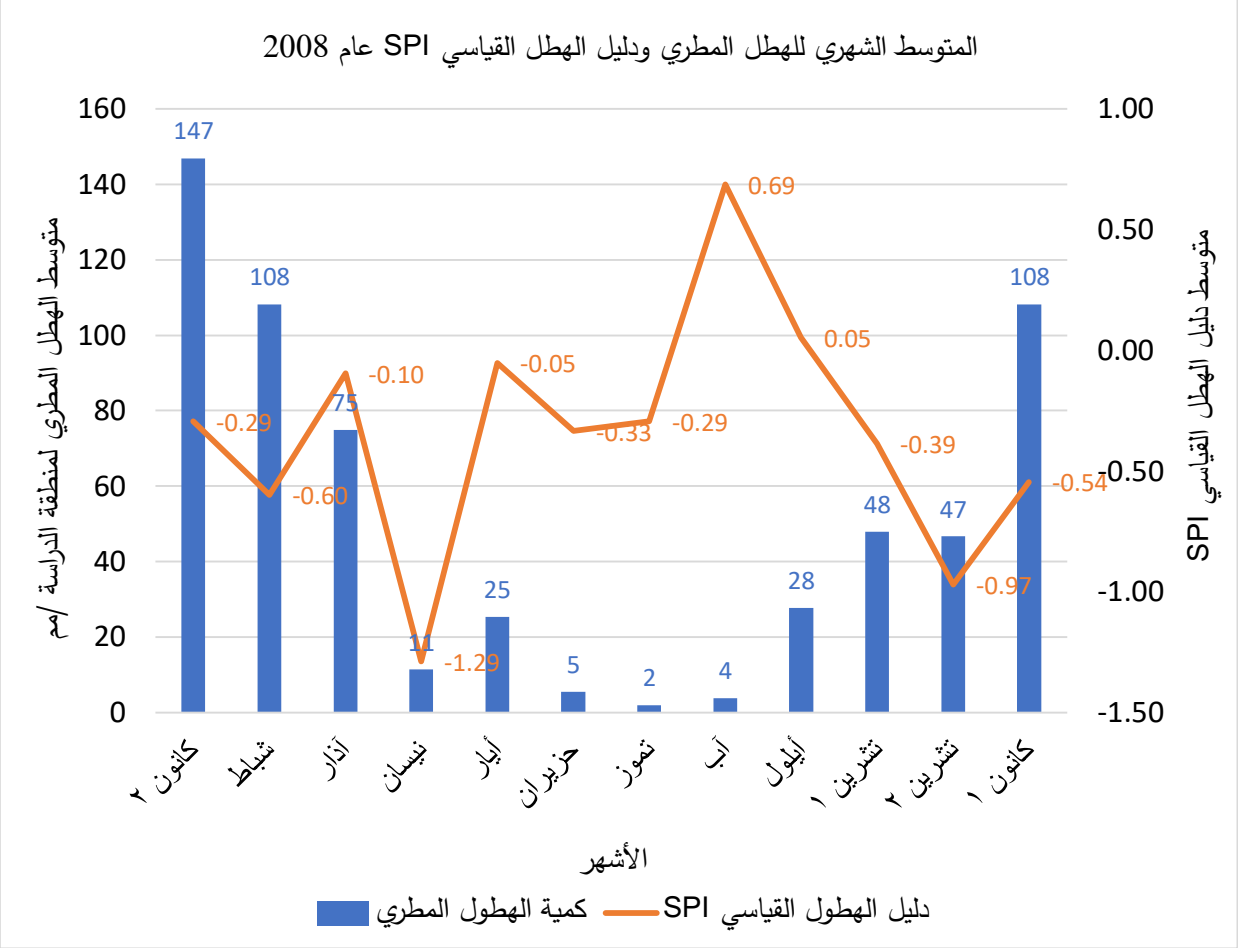
باقي أشهر العام و هي كانون الثاني و شباط و تموز و تشرين الأول و كانون الأول جميعها ضمن صف الجفاف الخفيف .

بينما شهر تشرين الثاني صنف ضمن صفين الجفاف الخفيف و المعتدل حيث تقع البيكسلا ت رقم (2 و 5 و8) الواقعة شمال و وسط و جنوب اللاذقية و البيكسلات رقم (13 و 14 و 15 و 16 و 17) الواقعة وسط و جنوب طرطوس ضمن صف الجفاف الخفيف و البيكسلات رقم (1 و 4 و 7) الواقعة شمال و وسط و جنوب اللاذقية و البيكسلات رقم (10 و 11 و 12) شمال طرطوس ضمن الصف الثالث و هو الجفاف المعتدل .

و يبين المخطط البياني (83) أن متوسط قيم SPI للسلسلة الزمنية من عام 2000 – 2017 كان موجبا في شهري آب و أيلول و في باقي الأشهر قيمة الدليل سالبة حيث كان الانخفاض حاد وواضح في قيمة الدليل خلال شهر نيسان (1.29 –) حيث أن كميات الأمطار خلال أشهر عام 2008 كانت منخفضة فتأثرت بالجفاف مناخيا و غلب عليها الجفاف الخفيف ، و صنف عام 2008 من الأعوام الجافة التي مرت على سوريا و لكن منطقة الساحل كان خفيفا لم تتأثر ك باقي مناطق سوريا .



الشكل (82) خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2008



الشكل (83) متوسط كمية الهطل المطري و دليل SPI للنقاط المدروسة لعام 2008

يمثل الشكل (84) خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2009 بعد تصنيفها إلى 5 صفوف الممثلة لقيم SPI و المعبرة عن حالة الجفاف .

حيث أظهرت النتائج أن أشهر شباط و آذار و أيلول و تشرين الثاني في الساحل السوري من عام 2009 لم تعاني من أي نوع من أنواع الجفاف حيث تقع البيكسلات المدروسة في هذه الأشهر ضمن الصف الأول لا يوجد جفاف .

يأتي بعدها شهر تشرين الأول جميع بيكسلات منطقة الدراسة تقع ضمن صف لا يوجد جفاف عدا البيكسلات رقم (13 و 16 و 17) الواقعة وسط و جنوب طرطوس تقع ضمن صف الجفاف الخفيف أي أن كامل محافظة اللاذقية في شهر تشرين الأول من عام 2009 لم تعاني من أي نوع من الجفاف .

و كذلك في شهر تموز من عام 2009 جميع بيكسلات منطقة الدراسة تقع ضمن صف لا يوجد جفاف عدا البيكسلات رقم (14 و 15 و 16 و 17) الواقعة وسط و جنوب طرطوس صنفت ضمن الصف الثاني وفق

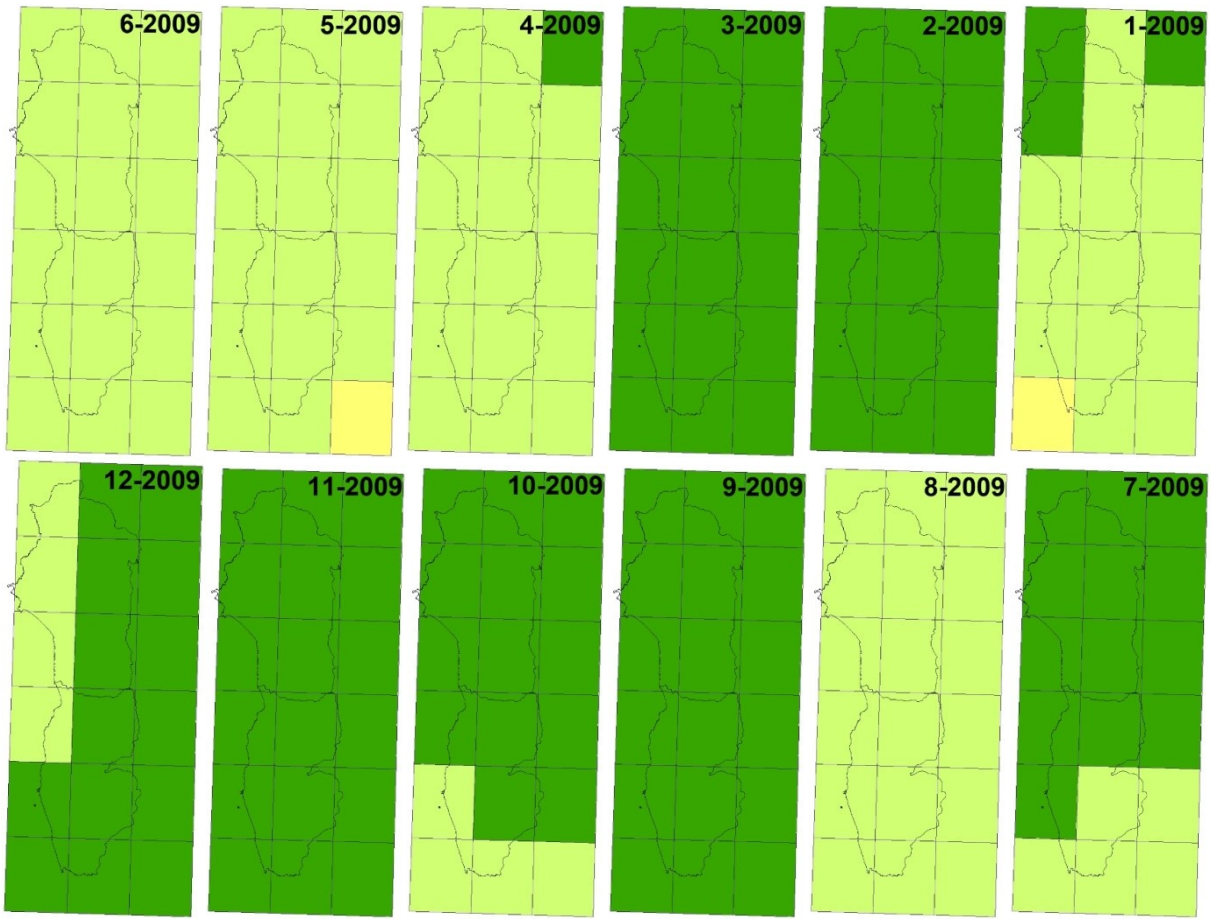
جدول صفوف SPI و هو الجفاف الخفيف و كذلك محافظة اللاذقية لم تعاني من أي نوع من الجفاف خلال هذا الشهر من عام 2009 .

أما في شهر كانون الأول من عام 2009 جميع بيكسلات منطقة الدراسة تقع ضمن الصف الأول لا يوجد جفاف عدا البيكسلات رقم (1 و 4 و 7) الواقعة شمال و وسط و جنوب محافظة اللاذقية و البيكسل رقم 10 في شمال طرطوس صنفت ضمن الصف الثاني وفق جدول صفوف SPI و هو الجفاف الخفيف .

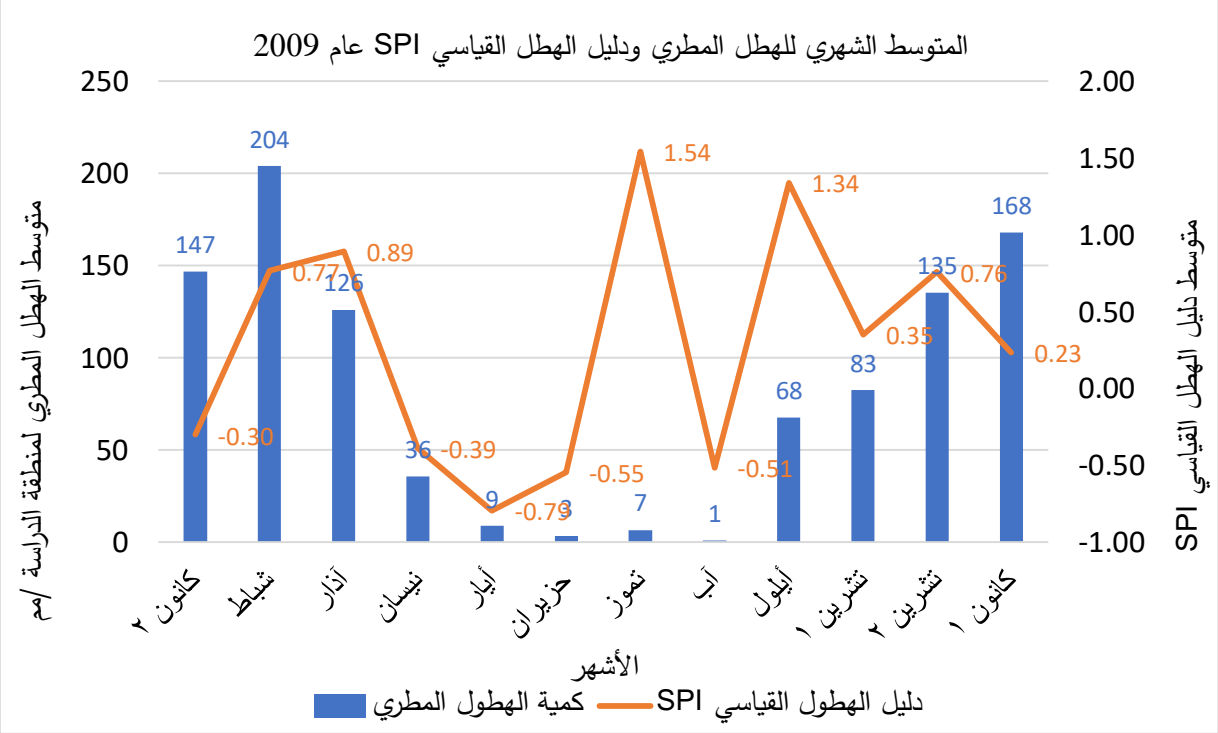
بينما شهر كانون الثاني من عام 2009 يلاحظ فيه وجود ثلاثة صفوف للجفاف ، حيث أن البيكسلات (1 و 4) الواقعان شمال و وسط محافظة اللاذقية يقعان ضمن صف لا يوجد جفاف و البيكسلات رقم (2 و 5 و 7 و 8) التي تقع شمال و وسط و جنوب اللاذقية و البيكسلات رقم (10 و 11 و 12 و 13 و 14 و 15 و 17) الواقعة شمال و وسط و جنوب طرطوس صنفت في الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف ، بينما البيكسل رقم 16 جنوب طرطوس صنف في الصف الثالث و هو الجفاف المعتدل .

باقي الأشهر نيسان و أيار و حزيران و آب تقع ضمن صف واحد في التصنيف و هو الجفاف الخفيف .

يبين المخطط البياني (85) لمتوسط قيم دليل SPI للسلسلة الزمنية 2000 – 2017 أن قيم SPI كانت موجبة في أشهر شباط و آذار و تموز و أيلول و تشرين الأول و تشرين الثاني و كانون الأول أعلاها في تموز (1.54) ثم في أيلول (1.34) و خمسة أشهر متوسط قيمة الدليل فيها سالبة و بالتالي يمكن القول أن هذا العام لمنطقة الساحل السوري من سلسلة الدراسة غلب عليه تصنيف الصف الأول عدم وجود جفاف حسب قيم الدليل و بالتالي الهطل المطري لهذا العام بالمجمل جيد و رطوبته جيدة بسبب هطل الأمطار .



الشكل (84) خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2009



الشكل (85) متوسط كمية الهطل المطري و دليل SPI للنقاط المدروسة لعام 2009

يمثل الشكل (86) خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2010 بعد تصنيفها إلى 5 صفوف الممثلة لقيم SPI و المعبرة عن حالة الجفاف .

حيث أظهرت النتائج أن شهر حزيران من عام 2010 هو الشهر الوحيد الذي صنفت فيه جميع بيكسلات الدراسة في الصف الأول لا يوجد جفاف .

يلاحظ في شهر كانون الثاني البيكسل رقم 2 شمال محافظة اللاذقية و البيكسلات رقم (14 و 15 و 17) وسط و جنوب طرطوس صنفت في الصف الأول لا يوجد جفاف و باقي البيكسلات المدروسة صنفت في الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف و الغالب على هذا الشهر من عام 2010 .

ثم يأتي شهر تشرين الأول حيث أن البيكسلات رقم (1 و 2 و 4 و 5) التي تقع شمال و وسط محافظة اللاذقية و البيكسلات رقم (10 و 11) شمال طرطوس صنفت وفق جدول صفوف SPI في الصف الأول لا يوجد جفاف أما باقي البيكسلات لهذا الشهر صنفت في الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف أيضا الغالب على هذا الشهر من عام 2010.

في شهر كانون الأول البيكسلات رقم (1 و 2) شمال اللاذقية و كامل محافظة طرطوس صنفت في الصف الأول لا يوجد جفاف ، أما البيكسلات رقم (4 و 5 و 7 و 8) الواقعة وسط و جنوب اللاذقية صنفت في الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف ، وبالتالي الغالب على هذا الشهر من عام 2010 عدم وجود جفاف أي أن أمطاره كانت جيدة .

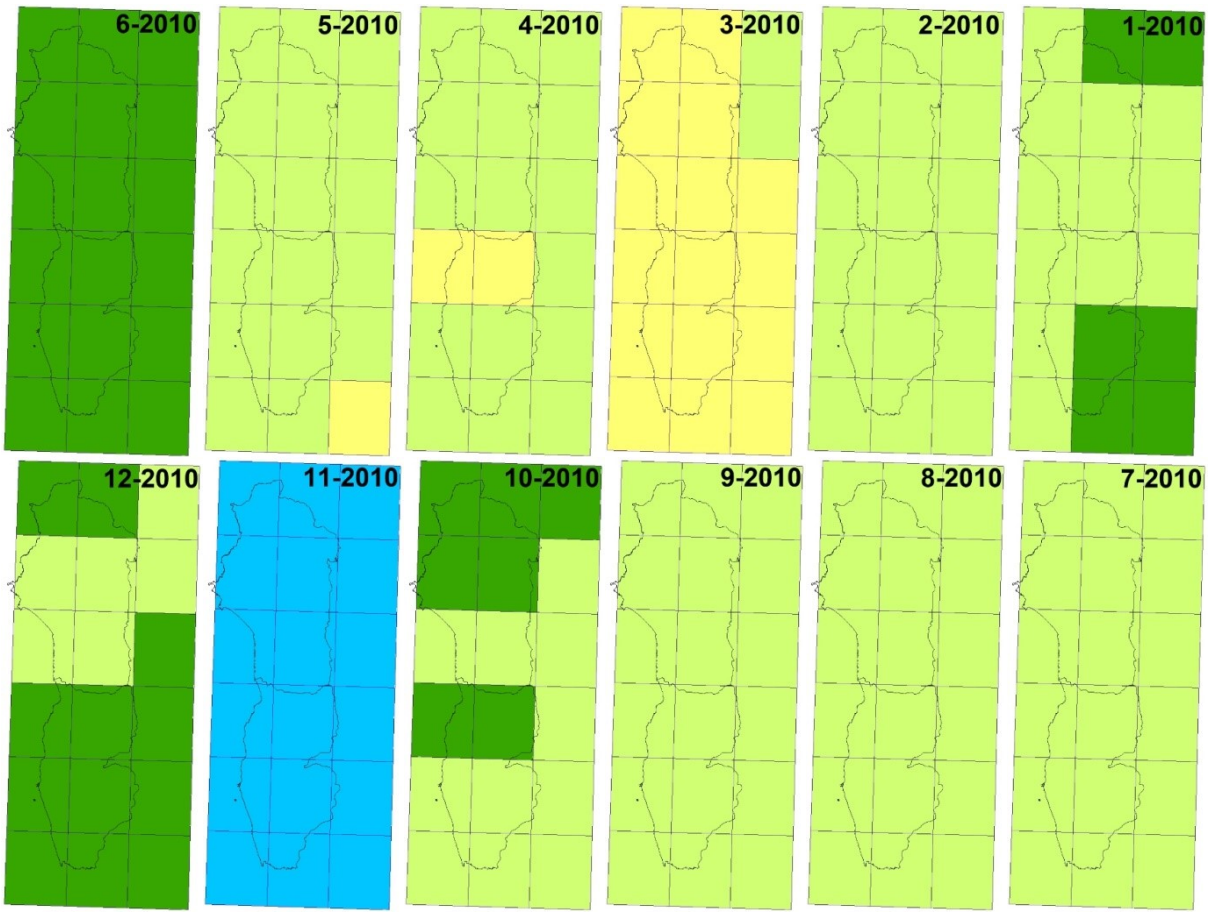
يلاحظ أن جميع بيكسلات منطقة الدراسة في شهر آذار من عام 2010 صنفت في الصف الثالث وفق جدول صفوف SPI و هو الجفاف المعتدل .

أما في شهر نيسان البيكسلات رقم (10 و 11) الواقعة شمال طرطوس صنفت في الصف الثالث و هو الجفاف المعتدل و باقي البيكسلات في الصف الثاني و هو الجفاف الخفيف ، الغالب على هذا الشهر من عام 2010 بالتالي الهطلات المطرية في هذا الشهر لم تكن كافية .

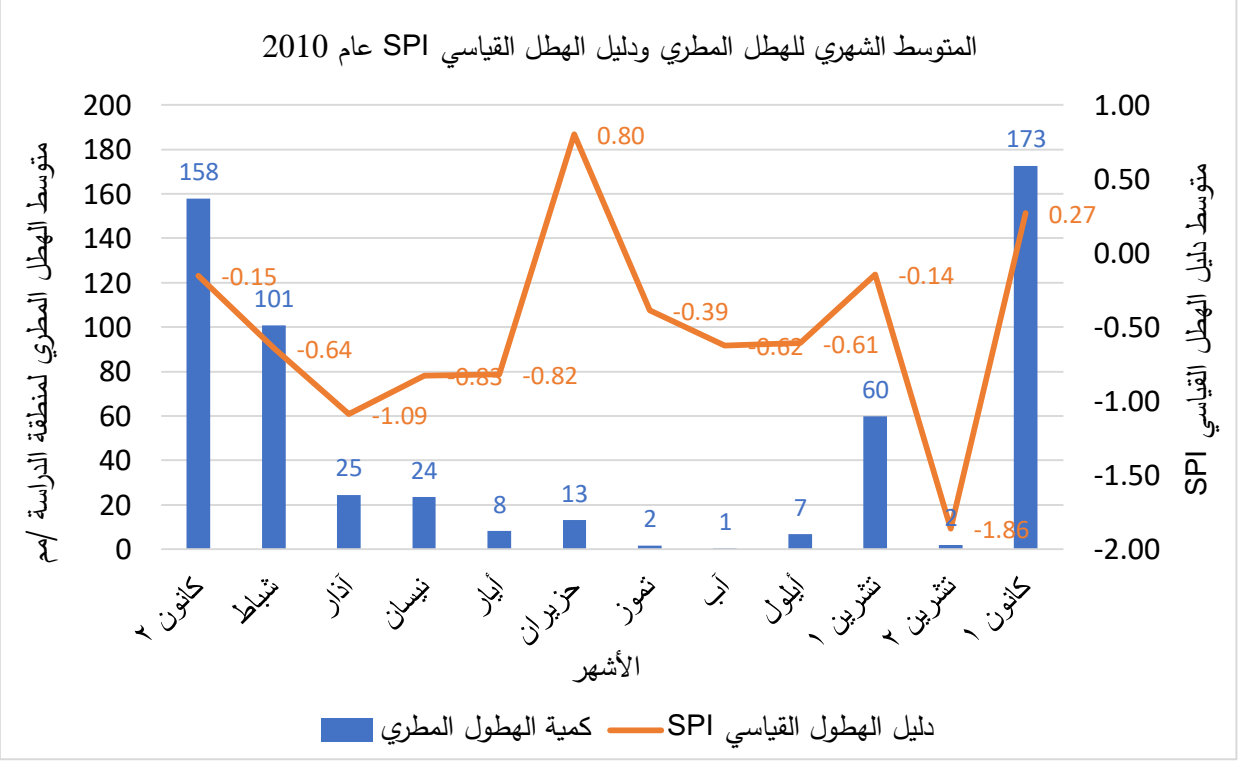
أشهر شباط و أيار و تموز و آب و أيلول صنفت في الصف الثاني الجفاف الخفيف .

أما شهر تشرين الثاني من عام 2010 لمنطقة الساحل السوري صنف وفق جدول صفوف SPI في الصف الرابع و هو الجفاف الشديد حيث أن أمطاره تكاد تكون معدومة .

يبين المخطط البياني (87) أن متوسط قيم SPI الموجبة للسلسلة من عام 2000 – 2017 كانت في شهر حزيران و كانون الأول و الأعلى حزيران (0.8) حيث يتبين من الشرح السابق أن منطقة الدراسة بالكامل مصنفة في الصف الأول عدم وجود جفاف خلال هذين الشهرين، و تلاحظ القيم السالبة للدليل في باقي الأشهر من عام 2010 (8 أشهر) حيث يلاحظ الانخفاض في قيمة SPI ليبقى التصنيف بحدود الجفاف الخفيف و الجفاف المعتدل حتى انخفاضه إلى قيمة (1.86-) في شهر تشرين الثاني بشكل كبير جدا ليتعرض للجفاف الشديد لانعدام الأمطار ، وبالتالي عام 2010 في الساحل السوري جاف مناخيا نظرا للقيم السالبة التي سجلها الدليل في هذا العام .



الشكل (86) خرائط صفوف دليل الهطل القياسي SPI لمنطقة الدراسة لعام 2010

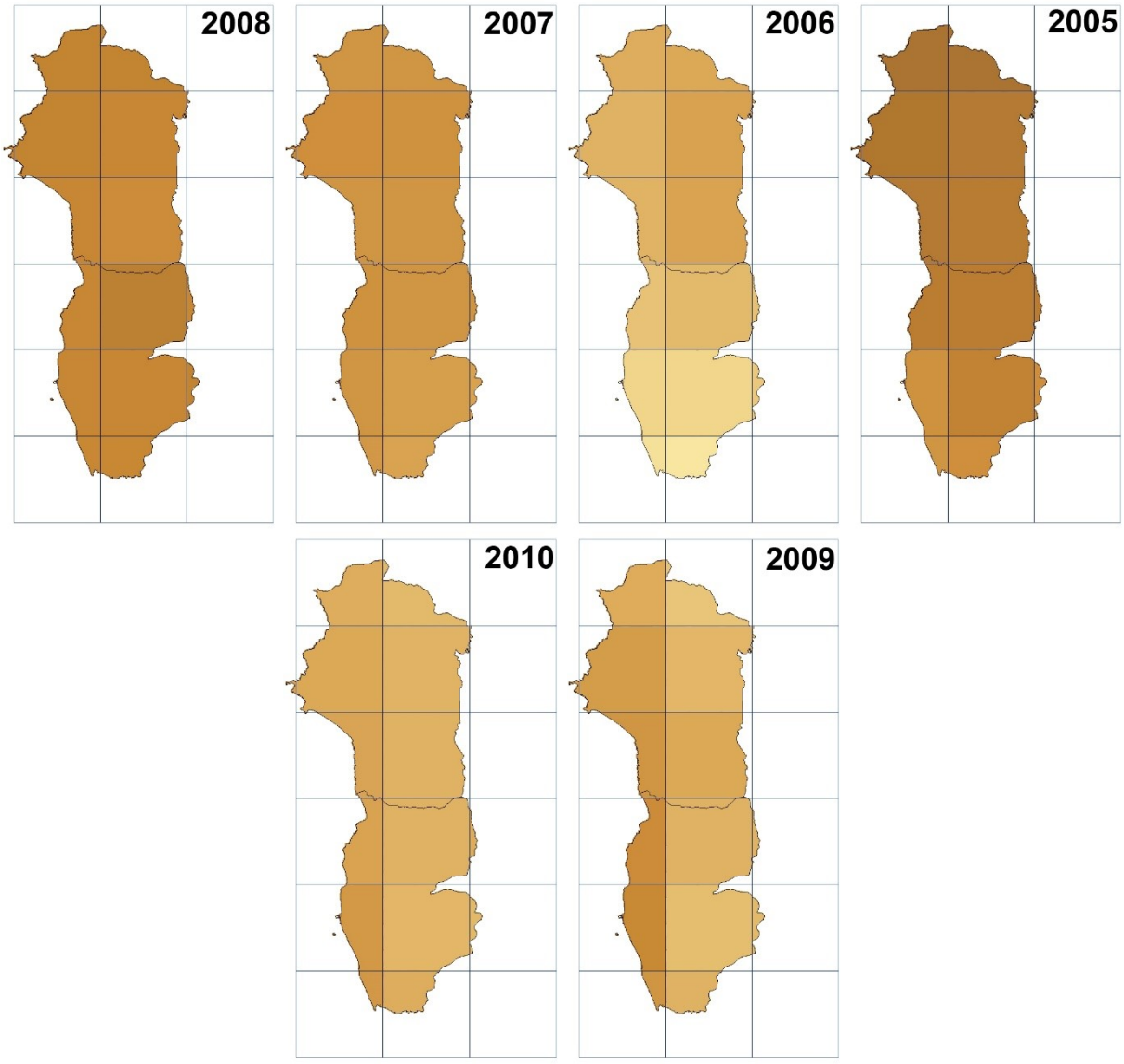


الشكل (87) متوسط كمية الهطل المطري و دليل SPI للنقاط المدروسة لعام 2010

3-11 دليل الهطل القياسي على مستوى الموسم المطري _8 أشهر_ SPI:

يعد دليل SPI المحسوب لموسم مطري مدته 8 أشهر من أيلول حتى نيسان والذي يشكل التراكمي اللازم من الهطل لموسم نمو النباتات ذو تأثير كبير في الزراعة (WMO, 2012) .

يمثل الشكل (88) خرائط دليل الهطل القياسي SPI على مستوى الموسم المطري – 8 أشهر– SPI قبل التصنيف .

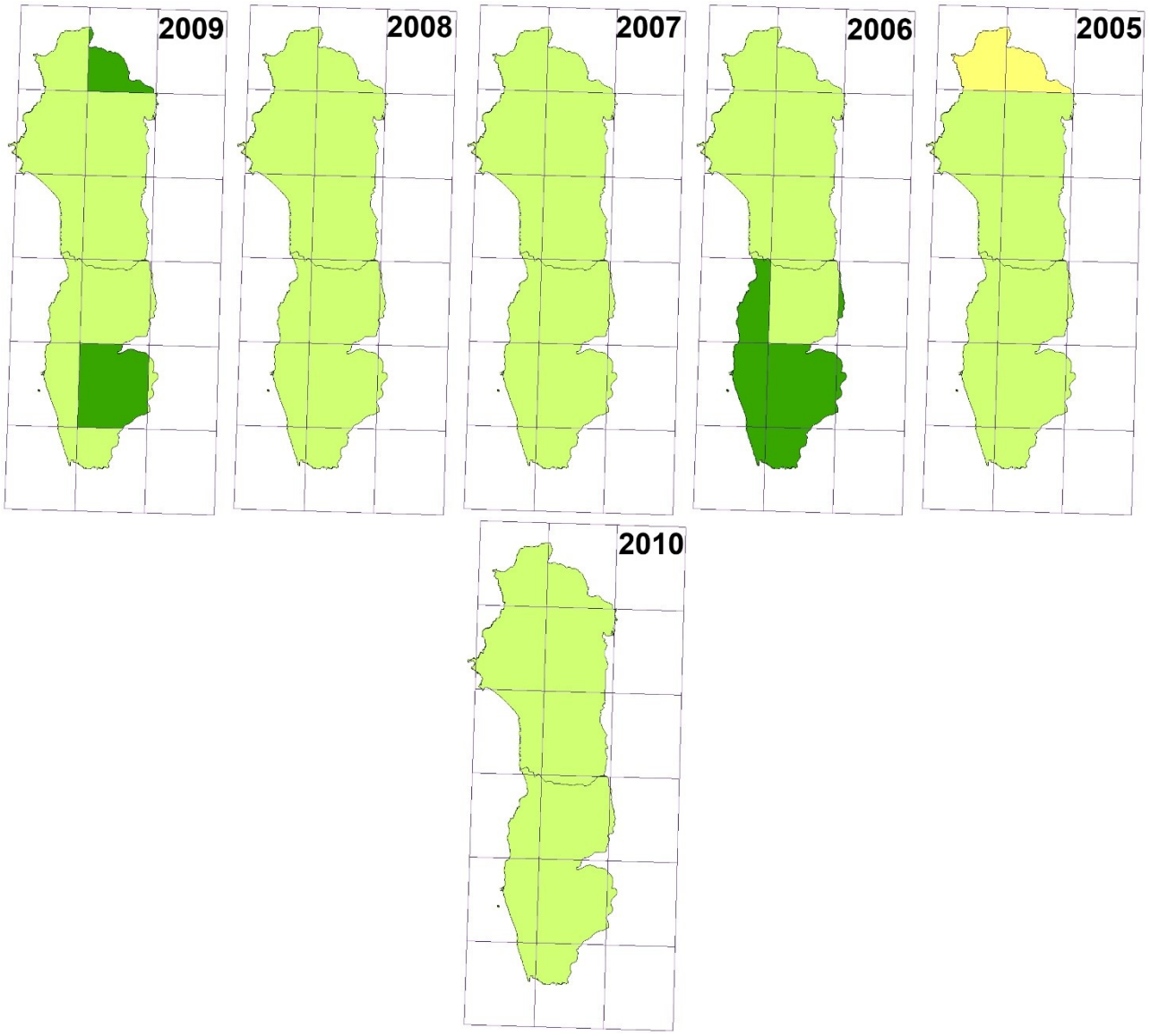


الشكل (88) خرائط دليل الهطل القياسي SPI على مستوى الموسم المطري – 8 أشهر– SPI قبل التصنيف

يمثل الشكل (89) خرائط SPI8 بعد التصنيف حيث تبين النتائج لهذه السلسلة المدروسة أن الأعوام 2005 و 2007 و 2008 و 2010 لمنطقة الساحل السوري جافة زراعيا ، أما في عام 2006 محافظة طرطوس كانت رطبة و جيدة زراعيا في حين يلاحظ الجفاف الزراعي واضح في اللاذقية ، و عام 2009 أيضا جاف زراعيا بالنسبة للمنطقة المدروسة عدا مساحة البيكسل رقم 2 في شمال اللاذقية كان رطبا و جيدا زراعيا و كذلك مساحة البيكسل رقم 14 في وسط طرطوس .

أي أن تراجع الهطل المطري كان له تأثير على نمو النباتات في المنطقة المدروسة .

وبذلك يكون الدليل SPI قد حدد لنا التوزع المكاني و الزماني لأنواع الجفاف على مستوى الشهر لكل سنة من سلسلة الدراسة و على مستوى الموسم المطري (8 أشهر) للسلسلة المدروسة.



الشكل (89) خرائط SPI8 بعد التصنيف

3-12 دراسة علاقات الارتباط :

3-12-1 دراسة الارتباط بين الهطل المطري والرطوبة الأرضية للطبقة السطحية (0 - 10) سم على مستوى الشهر :

تم دراسة علاقة الارتباط بين الهطل المطري والرطوبة السطحية الأرضية للتربة للوقوف على طبيعة العلاقة بين كمية الهطل المطري ومقدار زيادة أو نقصان الرطوبة السطحية الأرضية للتربة فقد أظهرت النتائج أن قيمة معامل الارتباط الكلي المعبر عن سلسلة القراءات الشهرية للسلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة المدروسة كانت (0.739^{**}) معبرة عن علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية وعند دراسة هذه العلاقة بين الهطل المطري والرطوبة السطحية على مستوى كل شهر من أشهر السنة لهذه السلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة بينت أن كميات الهطل المطري حققت علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية مع الرطوبة السطحية الأرضية في الأشهر (1 و2 و3 و 4 و10 و11 و12) وهي الأشهر التي بينت أعلى كمية للهطل المطري والرطوبة السطحية من الخرائط التي تم انتاجها في حين كانت علاقة الارتباط سالبة خلال أشهر (6 و7 و8 و9)، الجدول (7) وهي الأشهر التي لا تهطل فيها الأمطار أو يكاد يكون معدوما إضافة إلى ارتفاع درجة الحرارة في هذه الأشهر وهذه النتيجة تشير إلى أن هطل الأمطار عامل مهم بشكل ملحوظ على محتوى التربة من الرطوبة السطحية حيث يلاحظ ارتفاع الرطوبة السطحية الأرضية مع هطل الأمطار و تنخفض بانخفاض الهطل.

3-12-2 دراسة الارتباط بين الهطل المطري والرطوبة الأرضية (10 - 40) سم على مستوى الشهر:

تم دراسة علاقة الارتباط بين الهطل المطري والرطوبة الأرضية للتربة عمق (10 - 40) سم للوقوف على طبيعة العلاقة بين كمية الهطل المطري ومقدار زيادة أو نقصان الرطوبة الأرضية للتربة على هذا العمق فقد أظهرت النتائج أن قيمة معامل الارتباط الكلي المعبر عن سلسلة القراءات الشهرية للسلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة المدروسة كانت (0.620^{**}) معبرة عن علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية وعند دراسة هذه العلاقة بين الهطل المطري والرطوبة الأرضية للتربة على هذا العمق على مستوى كل شهر من أشهر السنة لهذه السلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة بينت أن كميات الهطل المطري حققت علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية مع الرطوبة الأرضية للعمق المذكور في الأشهر (1 و 4 و10 و11 و12) حيث ترتفع الرطوبة في هذا العمق مع زيادة الهطل المطري و تنخفض بانخفاضها من الخرائط التي تم انتاجها في حين كانت علاقة الارتباط سالبة عالية المعنوية خلال الأشهر (6 و 8) حيث تكون العلاقة عكسية ففي هذين الشهرين يلاحظ انخفاض كبير في الهطل المطري و انعدامها تقريبا في آب و لكن الرطوبة جيدة نوعا ما حسب الخرائط المنتجة و سالبة خلال أشهر (5 و7 و9)، الجدول (7) وهذه النتيجة تشير إلى أنه في هذا العمق خلال أشهر الهطل المطري ترتفع

الرطوبة الأرضية على هذا العمق و في أشهر انخفاض الهطل و أشهر الصيف لا تؤثر الأمطار كثيرا في رطوبة التربة على هذا العمق حيث أنها قد تتأثر برطوبة العمق الذي يسبقها و أمطار الأشهر السابقة.

3-12-3 دراسة الارتباط بين الهطل المطري والرطوبة الأرضية (40 - 100) سم على مستوى الشهر:

تم دراسة علاقة الارتباط بين الهطل المطري والرطوبة الأرضية للتربة على عمق (40 – 1000) سم للوقوف على طبيعة العلاقة بين كمية الهطل المطري ومقدار زيادة أو نقصان الرطوبة الأرضية للتربة على هذا العمق فقد أظهرت النتائج أن قيمة معامل الارتباط الكلي المعبر عن سلسلة القراءات الشهرية للسلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة المدروسة كانت (0.334^{**}) معبرة عن علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية وعند دراسة هذه العلاقة بين الهطل المطري والرطوبة السطحية على مستوى كل شهر من أشهر السنة لهذه السلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة بينت أن كميات الهطل المطري حققت علاقة ارتباط موجبة في الأشهر (1 و 3 و 10 و 11) حيث أنه خلال هذه الأشهر أثرت الأمطار على الرطوبة الأرضية للتربة على هذا العمق و موجبة عالية المعنوية مع الرطوبة الأرضية لهذا العمق في الأشهر(4 و12) حيث أن تأثير الهطل المطري على رطوبة التربة على هذا العمق يكون من خلال هطل الأشهر السابقة و اختزان التربة للمياه و تسربها عبر أعماق التربة و تشبعها حيث أنه كلما كانت كمية الهطل عالية تسربت بشكل أفضل و اختزنت التربة كمية أكبر و أصبحت رطبة في حين كانت علاقة الارتباط سالبة في الأشهر (5 و 7 و 9) و سالبة عالية المعنوية خلال أشهر (2 و4 و6 و8)، الجدول (7) و بالتالي العلاقة عكسية وهذه النتيجة تشير إلى أن هطل الأمطار عامل مهم بشكل ملحوظ على محتوى التربة من الرطوبة الأرضية خلال أشهر الهطل و ليس له تأثير خلال انقطاعات الهطل و انما رطوبة الأعماق السابقة و الرطوبة المرتدة و أمطار الأشهر السابقة هي العامل المؤثر .

3-12 -4 دراسة الارتباط بين الهطل المطري والرطوبة الأرضية (0 - 100) سم على مستوى الشهر:

تم دراسة علاقة الارتباط بين الهطل المطري والرطوبة الأرضية للتربة على عمق (0 – 100) سم للوقوف على طبيعة العلاقة بين كمية الهطل المطري ومقدار زيادة أو نقصان الرطوبة الأرضية للتربة على هذا العمق فقد أظهرت النتائج أن قيمة معامل الارتباط الكلي المعبر عن سلسلة القراءات الشهرية للسلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة المدروسة كانت (0.486^{**}) معبرة عن علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية وعند دراسة هذه العلاقة بين الهطل المطري والرطوبة الأرضية لهذا العمق على مستوى كل شهر من أشهر السنة لهذه السلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة بينت أن كميات الهطل المطري حققت علاقة ارتباط موجبة في الأشهر (1 و 3 و 10) و موجبة عالية المعنوية في الأشهر (4 و 11 و 12) و هي الأشهر التي بينت أعلى كمية للهطل المطري و الرطوبة الأرضية للأعماق الثلاثة السابقة عند الرجوع للخرائط المطرية و خرائط الرطوبة المنتجة و مقاطعتها مع

بعضها ، في حين كانت علاقة الارتباط سالبة خلال الأشهر (5 و 7 و 9) و سالبة عالية المعنوية (2 و 6 و 8) و هي أشهر الصيف التي تنعدم فيها الأمطار و ترتفع درجة الحرارة و شهر شباط كانت فيه كمية الهطل جيدة خلال سنوات سلسلة الدراسة و شهر حزيران و أيلول تراجعت فيها كمية الهطل كثيرا خلال هذين الشهرين لسنوات الدراسة و هذه النتيجة تشير إلى العلاقة العكسية لرطوبة التربة على هذا العمق مع الهطل المطري خلال هذه الأشهر حيث لم تؤثر الأمطار بشكل مباشر على الرطوبة .

3-12 -5 دراسة الارتباط بين الهطل المطري ودليل الهطل القياسي SPI على مستوى الشهر:

تم دراسة علاقة الارتباط بين الهطل المطري و دليل الهطل القياسي للوقوف على طبيعة العلاقة بين كمية الهطل المطري و تحديد حالة الجفاف من خلال دليل SPI فقد أظهرت النتائج أن قيمة معامل الارتباط الكلي المعبر عن سلسلة القراءات الشهرية للسلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة المدروسة كانت (0.306^{**}) معبرة عن علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية وعند دراسة هذه العلاقة بين الهطل المطري و الدليل على مستوى كل شهر من أشهر السنة لهذه السلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة بينت أن كميات الهطل المطري حققت علاقة ارتباط موجبة في جميع الأشهر مع دليل SPI و هذه النتيجة تشير إلى أن الهطل المطري عامل مهم بشكل ملحوظ لتحديد حالة الجفاف من خلال تأثيره على الدليل SPI حيث تكون قيمة الدليل موجبة مع كميات الهطل المطري العالية وتشير إلى عدم وجود جفاف ، في حين تكون قيمة الدليل سالبة مع كميات الهطل المنخفضة و تشير إلى حالة وجود جفاف .

3-12 -6 دراسة الارتباط بين رطوبة التربة الأرضية للطبقة السطحية (0-10) سم ورطوبة التربة على باقي الأعماق على مستوى الشهر:

تم دراسة علاقة الارتباط لرطوبة التربة على الأعماق الموضحة في خرائط رطوبة التربة المنتجة و الجدول (7) للوقوف على طبيعة العلاقة لرطوبة التربة السطحية و رطوبة التربة على باقي الأعماق فقد أظهرت النتائج أن قيمة معامل الارتباط الكلي المعبر عن سلسلة القراءات الشهرية للسلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة المدروسة كانت (0.936^{**}) بين الرطوبة السطحية و الرطوبة الأرضية عمق (10-40) و (0.762^{**}) بين الرطوبة السطحية و الرطوبة الأرضية عمق (40-100) و (0.876^{**}) بين الرطوبة السطحية و الرطوبة الأرضية عمق (0-100) معبرة عن علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية وعند دراسة هذه العلاقة بين الرطوبة السطحية والرطوبة الأرضية للأعماق على مستوى كل شهر من أشهر السنة لهذه السلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة بينت أن الرطوبة السطحية حققت علاقة ارتباط موجبة في جميع الأشهر و للأعماق الثلاثة وفق الجدول (7)

و هذه النتيجة تشير إلى أهمية رطوبة التربة السطحية و تأثيرها على رطوبة التربة على الاعماق الثلاثة حيث تزداد بازديادها و تنخفض بانخفاضها .

3-12 -7 دراسة الارتباط بين رطوبة التربة الأرضية (10-40) سم ورطوبة التربة على باقي الأعماق :

تم دراسة علاقة الارتباط لرطوبة التربة على الأعماق الموضحة في خرائط رطوبة التربة المنتجة و الجدول (7) للوقوف على طبيعة العلاقة لرطوبة التربة الأرضية عمق (10-40) و رطوبة التربة على باقي الأعماق فقد أظهرت النتائج أن قيمة معامل الارتباط الكلي المعبر عن سلسلة القراءات الشهرية للسلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة المدروسة كانت (0.885^{**}) بين الرطوبة الأرضية عمق (10-40) و الرطوبة الأرضية عمق (40 – 100) و (0.964^{**}) بين الرطوبة الأرضية عمق (10-40) و الرطوبة الارضية عمق (0-100) معبرة عن علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية وعند دراسة هذه العلاقة بين الرطوبة الأرضية عمق (10-40) والرطوبة الأرضية للأعماق على مستوى كل شهر من أشهر السنة لهذه السلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة بينت أن الرطوبة الأرضية عمق (10-40) حققت علاقة ارتباط موجبة و عالية المعنوية في جميع الأشهر مع الرطوبة الأرضية على هذين العمقين وفق الجدول (7) و هذه النتيجة تشير إلى الارتباط القوي لرطوبة التربة لكل عمق مع الأعماق التي تليه .

3-12 -8 دراسة الارتباط بين رطوبة التربة ودليل الهطل القياسي SPI على مستوى الشهر:

تم دراسة علاقة الارتباط لرطوبة التربة و دليل الهطل القياسي SPI وفق الجدول (7) للوقوف على طبيعة العلاقة بين رطوبة التربة و دليل الهطل القياسي فقد أظهرت النتائج أن قيمة معامل الارتباط الكلي المعبر عن سلسلة القراءات الشهرية للسلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة المدروسة كانت (0.040 -) بين الرطوبة السطحية و دليل الهطل القياسي (SPI) معبرة عن علاقة ارتباط سالبة وعند دراسة هذه العلاقة بين الرطوبة السطحية و الدليل على مستوى كل شهر من أشهر السنة لهذه السلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة بينت أن الرطوبة السطحية حققت علاقة ارتباط موجبة خلال الأشهر (3 و 5 و 9) وموجبة عالية المعنوية في الأشهر(1 و2 و 4 و 8 و10 و 11 و12) مع الدليل حيث يأخذ الدليل قيمة موجبة مع ارتفاع الرطوبة السطحية التي ترتفع مع الهطل المطري و يأخذ قيمة سالبة مع انخفاض الرطوبة السطحية التي تنخفض مع انخفاض الهطل المطري و حققت الرطوبة السطحية علاقة ارتباط سالبة خلال الأشهر (6 و 7) مع الدليل SPI .

و أظهرت النتائج أن قيمة معامل الارتباط الكلي المعبر عن سلسلة القراءات الشهرية للسلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة المدروسة كانت (0.068^{*} -) بين الرطوبة الأرضية على عمق (10-40) سم و دليل الهطل القياسي SPI معبرة عن علاقة ارتباط سالبة و عالية المعنوية وعند دراسة هذه العلاقة بين الرطوبة الأرضية

على هذا العمق و الدليل على مستوى كل شهر من أشهر السنة لهذه السلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة بينت أن الرطوبة الأرضية على هذا العمق حققت علاقة ارتباط موجبة خلال الأشهر (2 و3 و 7 و 8) و موجبة عالية المعنوية خلال الأشهر (1 و 4 و 10 و11 و 12) مع دليل الهطل القياسي SPI حيث تكون قيمة SPI موجبة ويلاحظ ارتفاع الرطوبة على هذا العمق وهذا يعود إلى الهطل المطري و يأخذ الدليل قيمة سالبة عند انخفاض الرطوبة على هذا العمق ولكن السبب يعود إلى انخفاض الهطل المطري أو انعدامه وفق الجدول (7) و حققت علاقة ارتباط سالبة مع دليل الهطل القياسي في الأشهر (5 و 6 و 9) و هي أشهر كمية الهطل المطري فيها منخفضة حيث أن العلاقة عكسية في هذه الأشهر بين الرطوبة على العمق المذكور و دليل SPI.

و أظهرت النتائج وفق الجدول (7) أن قيمة معامل الارتباط الكلي المعبر عن سلسلة القراءات الشهرية للسلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة المدروسة كانت (*0.073 –) بين الرطوبة الأرضية على عمق (40–100) سم و دليل الهطل القياسي (SPI) معبرة عن علاقة ارتباط سالبة و عالية المعنوية وعند دراسة هذه العلاقة بين الرطوبة الأرضية على هذا العمق و الدليل على مستوى كل شهر من أشهر السنة لهذه السلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة بينت أن الرطوبة الأرضية على هذا العمق حققت علاقة ارتباط موجبة خلال الأشهر (3 و 7 و 8 و 10 و11) و موجبة عالية المعنوية خلال الأشهر (1 و 4 و 12) مع دليل الهطل القياسي SPI حيث تكون قيمة SPI موجبة عند ارتفاع الرطوبة على هذا العمق و سالبة عند انخفاض الرطوبة على هذا العمق ولكن السبب الرئيسي هو الهطل المطري وفق الجدول (7) و حققت علاقة ارتباط سالبة مع دليل الهطل القياسي في الأشهر (5 و 6 و 9) و سالبة عالية المعنوية خلال شهر 2 حيث أن العلاقة كانت عكسية بين الرطوبة على هذا العمق و بين الهطل المطري في هذه الأشهر و بالتالي انعكس على العلاقة مع دليل SPI و تشير النتائج أن التأثير المباشر ليس للرطوبة على دليل SPI و إنما للهطل المطري و تأثيره على الرطوبة الأرضية و على الدليل SPI.

و أظهرت النتائج وفق الجدول (7) أن قيمة معامل الارتباط الكلي المعبر عن سلسلة القراءات الشهرية للسلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة المدروسة كانت (*0.071 –) بين الرطوبة الأرضية على عمق (0–100) سم و دليل الهطل القياسي (SPI) معبرة عن علاقة ارتباط سالبة و عالية المعنوية وعند دراسة هذه العلاقة بين الرطوبة الأرضية على هذا العمق و الدليل على مستوى كل شهر من أشهر السنة لهذه السلسلة الزمنية للأربعة عشر نقطة بينت أن الرطوبة الأرضية على هذا العمق ارتباطها مع الدليل SPI مشابه لارتباط الرطوبة على عمق (40–100) مع الدليل.

جدول (7) قيم معامل الارتباط بين الهطل المطري والرطوبة الأرضية و دليل SPI لكل شهر خلال سنوات الدراسة

Month 1						
COR	rain_1	sm_10_1	sm_40_1	sm_100_1	sm_sum	spi_1
rain_1	1	0.245*	0.228*	0.163	0.190	0.902**
sm_10_1		1	0.949**	0.616**	0.742**	0.302**
sm_40_1			1	0.782**	0.880**	0.306**
sm_100_1				1	0.984**	0.228*
sm_sum					1	0.261*
spi_1						1
Month 2						
COR	rain_2	sm_10_2	sm_40_2	sm_100_2	sm_sum	spi_2
rain_2	1	0.278*	0.026	−0.505**	−0.375**	0.974**
sm_10_2		1	0.945**	0.445**	0.633**	0.286**
sm_40_2			1	0.674**	0.823**	0.044
sm_100_2				1	0.974**	−0.514**
sm_sum					1	−0.378**
spi_2						1
Month 3						
COR	rain_3	sm_10_3	sm_40_3	sm_100_3	sm_sum	spi_3
rain_3	1	0.217*	0.177	0.075	0.125	0.980**
sm_10_3		1	0.977**	0.856**	0.931**	0.204
sm_40_3			1	0.930**	0.979**	0.165
sm_100_3				1	0.985**	0.060
sm_sum					1	0.111
spi_3						1
Month 4						
COR	rain_4	sm_10_4	sm_40_4	sm_100_4	sm_sum	spi_4
rain_4	1	0.627**	0.479**	0.265*	0.386**	0.981**
sm_10_4		1	0.957**	0.813**	0.907**	0.625**
sm_40_4			1	0.922**	0.979**	0.477**

sm_100_4				1	0.981**	0.257*
sm_sum					1	0.381**
spi_4						1
Month 5						
COR	rain_5	sm_10_5	sm_40_5	sm_100_5	sm_sum	spi_5
rain_5	1	0.054	−0.130	−0.115	−0.107	0.984**
sm_10_5		1	0.854**	0.784**	0.842**	0.028
sm_40_5			1	0.975**	0.993**	−0.138
sm_100_5				1	0.993**	−0.120
sm_sum					1	−0.115
spi_5						1
Month 6						
COR	rain_6	sm_10_6	sm_40_6	sm_100_6	sm_sum	spi_6
rain_6	1	−0.149	−0.254*	−0.263*	−0.258*	0.896**
sm_10_6		1	0.706**	0.648**	0.719**	−0.138
sm_40_6			1	0.992**	0.998**	−0.176
sm_100_6				1	0.995**	−0.168
sm_sum					1	−0.174
spi_6						1
Month 7						
COR	rain_7	sm_10_7	sm_40_7	sm_100_7	sm_sum	spi_7
rain_7	1	−0.158	−0.134	−0.134	−0.141	0.894**
sm_10_7		1	0.758**	0.721**	0.779**	−0.046
sm_40_7			1	0.997**	0.999**	0.035
sm_100_7				1	0.996**	0.043
sm_sum					1	0.032
spi_7						1
Month 8						
COR	rain_8	sm_10_8	sm_40_8	sm_100_8	sm_sum	spi_8
rain_8	1	−0.091	−0.253*	−0.282**	−0.260*	0.565**
sm_10_8		1	0.800**	0.768**	0.820**	0.254*
sm_40_8			1	0.987**	0.994**	0.139
sm_100_8					0.995**	0.127

sm_sum					1	0.147
spi_8						1
Month 9						
COR	rain_9	sm_10_9	sm_40_9	sm_100_9	sm_sum	spi_9
rain_9	1	−0.034	−0.198	−0.205	−0.191	0.967**
sm_10_9		1	0.783**	0.746**	0.799**	0.052
sm_40_9			1	0.992**	0.997**	−0.066
sm_100_9				1	0.996**	−0.069
sm_sum					1	−0.058
spi_9						1
Month 10						
COR	rain_10	sm_10_10	sm_40_10	sm_100_10	sm_sum	spi_10
rain_10	1	0.599**	0.369**	0.023	0.206	0.973**
sm_10_10		1	0.654**	0.470**	0.628**	0.607**
sm_40_10			1	0.901**	0.967**	0.426**
sm_100_10				1	0.975**	0.089
sm_sum					1	0.267*
spi_10						1
Month 11						
COR	rain_11	sm_10_11	sm_40_11	sm_100_11	sm_sum	spi_11
rain_11	1	0.753**	0.615**	0.168	0.450**	0.984**
sm_10_11		1	0.897**	0.539**	0.813**	0.748**
sm_40_11			1	0.625**	0.897**	0.620**
sm_100_11				1	0.904**	0.165
sm_sum					1	0.450**
spi_11						1
Month 12						
COR	rain_12	sm_10_12	sm_40_12	sm_100_12	sm_sum	spi_12
rain_12	1	0.682**	0.487**	0.482**	0.528**	0.949**
sm_10_12		1	0.889**	0.693**	0.813**	0.654**
sm_40_12			1	0.827**	0.925**	0.500**

sm_100_12				1	0.977^{**}	0.522^{**}
sm_sum					1	0.556^{**}
spi_12						1
all						
COR	rain_all	sm_10_all	sm_40_all	sm_100_all	sm_sum	spi_all
rain_all	1	0.739^{**}	0.620^{**}	0.334^{**}	0.486^{**}	0.306^{**}
sm_10_all		1	0.936^{**}	0.762^{**}	0.876^{**}	−0.040
sm_40_all			1	0.885^{**}	0.964^{**}	-0.068^{*}
sm_100_all				1	0.976^{**}	-0.073^{*}
sm_sum					1	-0.071^{*}
spi_all						1

* المعنوية عند مستوى 5% ** المعنوية عند مستوى 1%

3-12-9 دراسة علاقة الارتباط بين الهطل المطري ورطوبة التربة و الدليل SPI على مستوى العام :

يبين الجدول رقم (8) أن الهطل المطري عام 2005 حقق علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية مع الرطوبة الأرضية على عمق (0−10) سم و علاقة ارتباط موجبة مع الرطوبة على باقي الأعمق الموضحة في الجدول (8) ، وكانت علاقة الارتباط بين الهطل المطري والدليل SPI سالبة عام 2005 .

أما علاقة الارتباط بين الرطوبة الأرضية على مختلف الأعماق المدروسة كانت موجبة وعالية المعنوية في حين كان الارتباط مع الدليل SPI سالبا ويفسر ذلك سببه الهطل المطري حيث أن الرطوبة الأرضية لا تؤثر على الدليل وانما ارتباطها يكون من خلال الأمطار .

أما في عام 2006 فقد حقق الهطل المطري علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية مع الرطوبة الأرضية على عمق (0 − 10) و (10− 40) سم و موجبة مع الرطوبة الأرضية على عمق (40 − 100) و(0 − 100) سم ، وكانت علاقة الارتباط بين الهطل المطري و الدليل SPI موجبة وفق الجدول (8) ، كذلك كانت علاقة الارتباط بين الرطوبة على الأعماق المدروسة الموضحة في الجدول موجبة عالية المعنوية و موجبة مع الدليل SPI و السبب العلاقة الموجبة العالية المعنوية بين الأمطار و الرطوبة بالتالي و بين الأمطار و الدليل SPI .

أمطار عام 2007 وفق الجدول (8) حققت علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية مع رطوبة أعماق (0–10) و (10– 40) و (0–100) سم و موجبة مع رطوبة عمق (40–100) سم و كانت علاقة الارتباط بين الهطل المطري و الدليل SPI في هذا العام موجبة .

أما علاقة الارتباط للرطوبة على الأعماق المدروسة كانت موجبة عالية المعنوية و موجبة مع الدليل SPI .

يبين الجدول (8) أن الأمطار عام 2008 حققت علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية مع رطوبة أعماق (0–10) و (10– 40) و (0–100) سم وحققت علاقة ارتباط سالبة مع الدليل SPI .

أما الرطوبة الأرضية كانت علاقة الارتباط فيما بينها على الأعماق المدروسة موجبة عالية المعنوية و سالبة مع الدليل SPI وهذا يعود إلى العلاقة بين الهطل المطري و الرطوبة الأرضية.

يتبين من الجدول (8) أن الأمطار عام 2009 حققت علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية مع رطوبة عمق (0–10) و (10–40) سم و موجبة مع رطوبة الأعماق (40– 100) و (0–100) سم و حقق الهطل المطري علاقة ارتباط موجبة مع الدليل SPI .

أما بالنسبة للرطوبة الأرضية على عمق (0–10) سم حققت علاقة ارتباط موجبة مع الدليل SPI ، والرطوبة على باقي الأعماق حققت علاقة ارتباط سالبة مع الدليل SPI .

أما في عام 2010 وفق الجدول (8) حققت الأمطار علاقة ارتباط موجبة عالية المعنوية مع الرطوبة الأرضية على الأعماق (0–10) و (10–40) سم و موجبة مع باقي الأعماق، و حققت الأمطار علاقة ارتباط موجبة مع الدليل SPI ، في حين كانت علاقة الارتباط بين الرطوبة الأرضية على مختلف الأعماق موجبة عالية المعنوية وسالبة مع الدليل SPI .

جدول (8) قيم معامل الارتباط بين الهطل المطري والرطوبة الأرضية ودليل SPI على مستوى العام

Year 2005					
COR	Sm_10_2005	Sm_40_2005	Sm_100_2005	Sm_sm_2005	SPI_2005
rain_2005	0.691*	0.513	0.197	0.370	-0.078
sm_10_2005	1	0.925**	0.737**	0.865**	-0.504
sm_40_2005		1	0.867**	0.959**	-0.502
sm_100_2005			1	0.971**	-0.364

sm_sm_2005				1	-0.444
Year 2006					
COR	sm_10_2006	sm_40_2006	sm_100_2006	sm_sm_2006	SPI_2006
rain_2006	0.802**	0.611*	0.347	0.508	0.570
sm_10_2006	1	0.955**	0.731**	0.878**	0.229
sm_40_2006		1	0.826**	0.945**	0.003
sm_100_2006			1	0.964**	0.042
sm_sm_2006				1	0.053
					1
Year 2007					
COR	sm_10_2007	sm_40_2007	sm_100_2007	sm_sm_2007	SPI_2007
rain_2007	0.844**	0.748**	0.400	0.592*	0.140
sm_10_2007	1	0.962**	0.790**	0.906**	0.124
sm_40_2007		1	0.888**	0.970**	0.156
sm_100_2007			1	0.972**	0.182
sm_sm_2007				1	0.173
Year 2008					
COR	sm_10_2008	sm_40_2008	sm_100_2008	sm_sm_2008	SPI_2008
rain_2008	0.865**	0.800**	0.558	0.687*	-0.157
sm_10_2008	1	0.932**	0.750**	0.860**	-0.473
sm_40_2008		1	0.904**	0.970**	-0.349
sm_100_2008			1	0.980**	-0.231
sm_sm_2008				1	-0.301
Year 2009					
COR	sm_10_2009	sm_40_2009	sm_100_2009	sm_sm_2009	SPI_2009
rain_2009	0.826**	0.699*	0.330	0.535	0.328
sm_10_2009	1	0.945**	0.709**	0.864**	0.030
sm_40_2009		1	0.840**	0.953**	-0.066
sm_100_2009			1	0.964**	-0.136
sm_sm_2009				1	-0.099
Year 2010					
COR	sm_10_2010	sm_40_2010	sm_100_2010	sm_sm_2010	SPI_2010
rain_2010	0.698*	0.606*	0.420	0.511	0.404
sm_10_2010	1	0.952**	0.892**	0.933**	-0.067

sm_40_2010		1	0.968**	0.990**	-0.038
sm_100_2010			1	0.993**	-0.097
sm_sm_2010				1	-0.077
all					
COR	sm_10_all	sm_40_all	sm_100_all	sm_sm_all	spi_all
rain _all	0.784**	0.663**	0.369**	0.528**	0.294*
sm_10_all	1	0.944**	0.766**	0.883**	-0.042
sm_40_all		1	0.882**	0.964**	-0.075
sm_100_all			1	0.975**	-0.084
sm_sm_all				1	-0.080

الاستنتاجات :

– بينت خرائط الهطل المطري المنتجة أن أكبر كمية للهطل المطري تركزت خلال أشهر كانون الثاني و شباط و تشرين الأول و تشرين الثاني و كانون الأول ، و أفضل السنوات بالهطل المطري عام 2009 يليه 2006 ثم 2007 ثم 2005 و أسوأ السنوات بالهطل المطري كانت 2010 ثم 2008 في منطقة الدراسة .

– عند دراسة متوسط قيم دليل SPI لسنوات سلسلة الدراسة على مستوى كل شهر صنفت أعوام 2005 و 2006 و 2007 و 2008 وفقا لمتوسط قيم الدليل السالبة لأشهر الأعوام ضمن الصف الثاني وفق جدول صفوف الجفاف و هو الجفاف الخفيف ، أما عام 2010 بحدود الجفاف الخفيف و الجفاف المعتدل عدا شهر تشرين الثاني بلغ متوسط قيمة دليل SPI (1.86 –) حيث صنف ضمن الصف الثالث وهو الجفاف الشديد لانعدام الأمطار و بالتالي هذه الأعوام جافة مناخيا في الساحل السوري ، أما عام 2009 صنف ضمن الصف الأول وهو عدم وجود جفاف (غير جاف مناخيا) .

– عند دراسة دليل الهطل على مستوى الموسم المطري (8 أشهر) لسنوات سلسلة الدراسة لمنطقة الساحل السوري تبين أن أعوام 2005 و 2007 و 2008 و 2010 جافة زراعيا ، أما في عام 2006 كانت محافظة طرطوس رطبة و جيدة زراعيا في حين أن الجفاف الزراعي واضح في محافظة اللاذقية ، وعام 2009 كان جافا زراعيا بالنسبة للمنطقة المدروسة عدا مساحة البيكسل رقم 2 في شمال اللاذقية كان رطبا و جيدا زراعيا و كذلك مساحة البيكسل رقم 14 في وسط طرطوس أي أن تراجع الهطل المطري كان له تأثير على نمو النباتات في المنطقة المدروسة .

– فاعلية الدليل SPI في تحديد التوزع المكاني و الزماني لأنواع الجفاف على مستوى الشهر لكل سنة من سلسلة الدراسة (جفاف مناخي) وعلى مستوى الموسم المطري (8 أشهر – جفاف زراعي) .

– عند دراسة علاقة الارتباط تبين أن الأمطار عامل مهم بشكل ملحوظ على محتوى التربة من الرطوبة السطحية عمق (0–10) سم في منطقة الدراسة .

– هطل الأمطار عامل مهم على رطوبة التربة على عمق (40–100) سم خلال أشهر الهطل و ليس له تأثير خلال انقطاعات الهطل و إنما رطوبة الأعماق السابقة و أمطار الأشهر السابقة .

– كميات الهطل المطري حققت علاقة ارتباط موجبة في جميع الأشهر مع دليل SPI و بالتالي الهطل عامل مهم لتحديد حالة الجفاف المناخي في الساحل السوري .

– كميات الهطل المطري حققت علاقة ارتباط سالبة مع الدليل SPI خلال الأعوام 2005 و 2008 عند دراسة علاقة الارتباط على مستوى العام .

- الارتباط قوي لرطوبة التربة لكل عمق مع الأعماق التي تليه في المنطقة المدروسة.
- تشير النتائج أن التأثير المباشر هو للأمطار على رطوبة التربة و الدليل SPI و تأثير رطوبة التربة على مؤشر الهطل المطري القياسي SPI ليس مباشرا حيث أنه لا يوجد علاقة ارتباط بينهما و إنما العلاقة لكليهما من خلال الهطل المطري .
- كفاءة استخدام بيانات الاستشعار عن بعد في دراسة الهطل المطري ورطوبة التربة في حال عدم توفر البيانات الأرضية ، وهذا يؤكد على أهمية استخدام التقنيات الحديثة كالاستشعار عن بعد في دراسة التغيرات المناخية وتحديد مشكلاتها.
- أهمية وكفاءة استخدام بيانات الاستشعار عن بعد في الظروف الاستثنائية .

التوصيات :

- التوسع في دراسة الهطل المطري بالتضافر مع أدلة ومتغيرات أخرى في الساحل السوري للوصول إلى نتائج أكثر تفصيلية لمراقبة التغيرات المناخية وتأثيرها على منطقة الساحل في سوريا.
- الاستفادة من دراسة بيانات الهطل المطري وربطها بالأدلة الجفافية في الساحل السوري من خلال تقنيات الاستشعار عن بعد حيث يمكن مراقبة شدة وتوزع الهطل بدقة وبالتالي مراقبة الجفاف حيث أن الدراسات في الساحل في سوريا عن هذا الموضوع قليلة جدا.
- الاستفادة من تقنيات الاستشعار عن بعد في الدراسات حيث توفر بيانات دقيقة ولسلاسل زمنية طويلة بسبب قلة توفر البيانات الأرضية بالإضافة إلى الاستفادة من بيانات الاستشعار عن بعد في الظروف الاستثنائية .
- ضرورة وضع نتائج الدراسات و الأبحاث العلمية لدى متخذي القرار و الاهتمام بدراسة و مراقبة الجفاف و محاولة التنبؤ به .
- التوسع في دراسة الجفاف باستخدام مؤشر الهطل القياسي SPI في منطقة الساحل في سوريا ودراسة رطوبة التربة و تغير سلوكها مع تغير كمية هطل الأمطار و توزعها بشكل أوسع .

المراجع References

المراجع العربية :

الاتفاقية الدولية لمكافحة التصحر (UNCCD) في البلدان التي تعاني من الجفاف الشديد و/أو من التصحر، وبخاصة في أفريقيا . المعتمدة في 17 يونيو 1994 في باريس.

جلب، أدهم. طاهر شيخو. 2012 (تقدير شدة الجفاف الفصلي والسنوي وتكراره في بعض مواقع المنطقة الجنوبية من سورية). سلسلة العلوم البيولوجية. 1(35).

ديبه، راميا. 2012 (تقييم شدة وتواتر الجفاف وتأثيره في الإنتاج الزراعي في مواقع مناخية مختلفة في غرب وشمال غرب سورية) . جامعة تشرين ، كلية الزراعة ، (رسالة ماجستير) .

رشيد، أنس. 2009 (تحليل فترات جفاف الأمطار شمال العراق باستخدام دليل المطر القياسي SPI). مجلة الرافدين الهندسية، العراق. 18(2): 60 – 72 ص.

سكاف، ميشيل. سلاف حمدان. 2013 (دراسة الخصائص المكانية والزمنية للجفاف في المنطقة الساحلية من سورية خلال الفترة 1966–2008). سلسلة العلوم البيولوجية. 2(35).

سكاف، ميشيل. وشفا مثبوت. 2010 (تغيرات الهطل في منطقة الجزيرة السورية وآثارها الكامنة في الغطاء النباتي وإنتاجية المزروعات). المجلة العربية للبيئات الجافة، المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد).

صقر، رنا. 2015 (تغير الظروف المناخية في المنطقة الساحلية من سورية وآثاره الكامنة على حرائق الغابات). جامعة تشرين ، كلية الزراعة ، (رسالة ماجستير).

References:

Albergel, C. P., de Rosnay, C., Gruhier; Mu`noz-sabater, J. S., Hasenauer, L., Isaksen, Y., Kerr, and w., wagner (2012). Evaluation of remotely sensed and Modeled soil moisture Products using global ground-based in-situ observations. Remote Sensing of Environment.,118: 215-226.

Atzberger, C. (2013). Advances In Remote Sensing Of Agriculture: Context Description, Existing Operational Monitoring Systems And Major Information Needs. Remote Sensing. (5), 949-981.

Barrett, E.C., and D.W., Martin (1981). The Use of Satellite Data in Rainfall Monitoring. AcademicPress, London, UK.

Beven, K., Germann, P. (1982)."Macropores and water flow in soils", Water Resource Research, issue 18, Vol.5 pp.1131-1325.

Bindlisha, R.T. J., Jacksonb, E., Woodc, H., Gaoc, P., Starksd, D., Bosche, and V., Lakshmif (2003). Soil moisture estimates from TRMM Microwave Imager observations over the Southern United States. Remote Sensing of Environment. 85:507-515.

Byun, H. R., Kim, D. W. (2010). Comparing The Effective Drought Index And The Standardized Precipitation Index. Economics Of Drought And Drought Preparedness In A Climate Change Context. Options Méditerranéennes, Série A. Séminaires Méditerranéens. N. 95, 85- 89.

Chopra, P. (2006). Drought Risk Assessment Using Remote Sensing GIS, A Case Study In Gujarat, M. Sc. Thesis, Dept. Of Geo-Information Science Earth Observation, ITC, Netherlands.

Dai, A. (2011). Drought Under Global Warming: A Review. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 2(1), 45-65.

Dorigo, W.A. W., Wagner, R., Hohensinn, S., Hahn, C., Paulik, A., Xaver, A., Gruber, M., Drusch, S., Mecklenburg, P., Van Oevelen, A., Robock, and T., Jackson (2011). The International Soil Moisture Network: a data hosting facility for global in situ soil moisture measurements. Hydrology and Earth System Sciences. 15: 1675-1698.

Downing, T. E., Baker, K. (2000). Drought Discourse And Vulnerability. In: Drought: A Global Assessment. London, UK.: Routledge.

Dracup, J. A., Lee, K. S., and Paulson, Jr. E. G. (1980). On The Definition Of Droughts. Water Resources Research, 16(2), 297-302.

Findell, L.K; and E.A.B., Eltahir. (1997). An Analysis of the Soil Moisture-Rainfall Feedback, Based on Direct observations from Illinois. Water Resources Research., 33(4): 725-735.

Finkl, C.W. (2008). Soils of the coastal zone. In: Chesworth, W. (ed.), Encyclopedia of Soil Science. Dordrecht, the Net herlands: Springer, pp. 711–734.

Food and Agriculture Organization (FAO). (1983). Land Evaluation For Rain Fed Agriculture. FAO Soils Bulletin 52, Rome.

Food And Agriculture Organization Of The United Nations (FAO). (2011). Global Strategy To Improve Agricultural And Rural Statistics. Rome, Italy. Report No. 56719.

Gao, J. (2009). Digital analysis of Remotely sensed Imagery. McGraw Hill.

Giddings, L., Soto, M., Rutherford, B.M., Maarouf, A. (2005). Standardized precipitation index zones for Mexico. Atmosphera 18: 33–56.

Goodrich, G.B., Ellis, A.W. (2006). Climatological drought in Arizona: An analysis of indicators for guiding the Governor's drought task force. Professional Geographer 58: 460–469.

Gruhier, C. P., de Rosnay, Y., Kerr, E., Mougin, E., Ceschia, J. C., Calvet, and P., Richaume (2008). Evaluation of AMSR-E Soil Moisture Product Based on Ground Measurements over Temperate and Semi-Arid Regions. Geophysical Research Letters., 35: 1-6.

Guttman, N.B. (1994). On The Sensitivity Of Sample L Moments To Sample Size. Journal Of Climate,7(6):1026–1029.

Guttman, N.B. (1998). Comparing the Palmer drought index and the Standardized Precipitation Index. Journal of the American Water Resources Association, 34(1):113–121.

Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wilhite, D. A., Vanyarkho, O. V. (1999). Monitoring The 1996 Drought Using The Standardized Precipitation Index. BAMS. (80), 429- 438.

Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N., and Widhalm, M. (2011). The Lincoln Declaration On Drought Indices: Universal Meteorological Drought Index Recommended. Bulletin Of The American Meteorological Society, 92(4), 485-488.

Heim, Jr, R. R. (2002). A Review Of Twentieth-Century Drought Indices Used In The United States. Bulletin Of The American Meteorological Society, 83(8), 1149-1165.

Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X., Zhang, T., and Pegion, P. (2012). On The Increased Frequency Of Mediterranean Drought. Journal Of Climate, 25(6), 2146-2161.

Jackson, T.J., and A.Y., Hsu (2001). Soil Moisture and TRMM Microwave Imager Relationships in The Southern Great Plains 1999 (SGP99) Experiment. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 39(8): 1632-1642.

Karavitis, C. A., Alexandris, S., Tsesmelis, D. E., Athanasopoulos, G. (2011). Application Of The Standardized Precipitation Index (SPI) In Greece. Water. (3), 787-805.

Kerr, Y.H. P., Waldteufel, J.P., Wigneron, S., Delwart, F., Cabot, J., Boutin, M.J., Escorihuela, J., Font, N., Reul, C., Gruhier, S.E., Juglea, M.R., Drinkwater, A., Hahne, M., Martin-Neira, and S., Mecklenburg (2010). The SMOS Mission: New Tool for Monitoring Key Elements of the Global Water Cycle. Proceedings of the IEEE.,98(5):666-687.

Kogan, F. N. (1990). Remote Sensing Of Weather Change Impact On Vegetation Index In Non-Homogenous Areas. International Journal Of Remote Sensing. (11),1405- 1421.

Kogan, F. N. (1997). Global Drought Watch From Space. Bulletin Of The American Meteorological Society, 78(4), 621-636.

Lee, K.S., Kim, J.M., Lee, D.R., Kim, Y., Lee, D. (2007). "Analysis of water movement through an unsaturated soil zone in Jeju Island, Korea using stable oxygen and hydrogen isotopes", Journal of Hydrology, Vol.345, pp.199–211.

Le Houérou, H. N. (2006). Environmental Constraints And Limits To Livestock Husbandry In Arid Lands. Science Etchangementsplanétaires/Sécheresse, 17(1), 10-18.

Lilles and, T. M.,Kiefer, R. W. (1994). Remote Sensing And Image Inter-Pretation. John Wiley and Sons 3d edition, New York.

Lingli Wang, John, J. Q.U. (2009). "Satellite remote sensing applications for surface soil moisture monitoring: A review ", Journal of Front. Earth Sci. China, vol.3 issue 2, pp. 237–247.

Li W, Fu R, Juarez RIN, Fernandes K. (2007). Observed change of standardized precipitation index, its potential cause and implications to future climate change in the Amazon region. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences 363: 1767–1772.

Lobell, D. B., Field, C. B. (2007). Global Scale Climate–Crop Yield Relationships And The Impacts Of Recent Warming. Environmental Research Letters. (2), 014002.

Matera, A., Fontana, G., Marletto, V., Zinoni, F., Botarelli, L., and Tomei, F. (2007). Use Of A New Agricultural Drought Index Within A Regional Drought Observatory. In Methods And Tools For Drought Analysis And Management (Pp. 103-124). Springer, Dordrecht.

Maurya, D. P.V.N., Rao, V.K., Dadhwal, and C.B.S., Dutt (2015). Large Area Soil Moisture Variations in Response to Cyclone Phailin in Eastern India. Ieee Geoscience and Remote Sensing Letters., 12(2): 264-268.

Maurya, D. and P.V.N., Rao (2014). Surface Soil Moisture Estimation Using Passive Microwave Radiometer Data. Technical Report: NRSC-ECSA-ACSG-AUG-TR-645, Affiliation: Atmospheric and Climate Sciences Group, ECSA, NRSC Hyderabad. DOI: 10.13140/RG.2.1.3204.5607.

Mckee, T.B. N.J., Doesken, and J., Kleist (1995). Drought Monitoring with Multiple Timescales. In: Proceedings of the Ninth Conference on Applied Climatology, Dallas, Texas, Boston American Meteorological Society.,233-236.

Mckee, T.B., Doesken, N. J., and Kliest, J. (1993). The Relationship Of Drought Frequency And Duration To Time Scales. In Proceedings Of The 8th Conference Of Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA. American Meteorological Society, Boston, MA. 179-184.

Nayak, S.; Zlatanova, S. (2008). Remote Sensing And GIS Technologies For Monitoring And Prediction Of Disasters. USA: Environmental Science And Engineering.

Niemeyer, S. (2008). New Drought Indices. In: López-Francos A Drought Management: Scientific And Technological Innovations. Zaragoza. Options Méditerranéennes, Série A. No. (80). Ciheam.

Palmer, W. C. (1965). Meteorological Drought. US Weather Bureau Research Paper, No 45, P;58.

Parry, M. L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., and Fischer, G. (2004). Effects Of Climate Change On Global Food Production Under SRES Emissions And Socio-Economic Scenarios. Global Environmental Change, 14(1), 53-67.

Passioura, J. (2006). The Drought Environment: Physical, Biological And Agricultural Perspectives. Journal Of Experimental Botany, 58(2), 113-117.

Pereira, L. S., Cordery, I., and Iacovides, I. (2002). Coping With Water Scarcity. IHP-VI Technical Documents In Hydrology No. 58. Paris. International Hydrological Programm, UNESCO, 269.

Rasmusson, E.M.; and P.A., Arkin (1992). Observing Tropical Rainfall from Space: a review. In: The Global Role of Tropical Rain (ed. By J.S. Theon), 105-118. Hampton, Virginia, USA.

Reynolds, J.F., Kemp, P.R., Tenhunen, J.D. (2000). "Effects of long-term rainfall variability on evapotranspiration and soil water distribution in the Chihuahuan Desert: a modeling analysis", Plant Ecology, Vol.150, pp.145-159 .

Rossi, G., Benedini, M., Tsakiris, G., and Giakoumakis, S. (1992). On Regional Drought Estimation And Analysis. Water Resources Management, 6(4), 249-277.

Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell; J. A.; Deering, D. W. (1974). Monitoring The Vernal Advancement And Retrogradation (Green Wave Effect) Of Natural Vegetation. In Progress Report RSC 1978-1. Remote Sensing Center, Texas A&M University: College Station, USA.

Schowengerdt, R. A. (2007). Remote Sensing: Models And Methods For Image Processing 3th Edition. USA.: Academic Press Elsevier.

Simmers, IAN. (2005). Hydrological Processes And Water Resources Management. In Understanding Water In A Dry Environment (Pp. 17-30).

Smakhtin, V. U., and Hughes, D. A. (2007). Automated Estimation And Analyses Of Meteorological Drought Characteristics From Monthly Rainfall Data. Environmental Modelling and Software, 22(6), 880-890.

Smith, R. B. (2012). Introduction To Remote Sensing Of Environment (RSE). Microimages, Nebraska, USA: Inc. Lincoln.

Svoboda, M. D.; Wu, H.; Hayes, M. J.; Wilhite, D. A.; Fujiang, W. (2006). Appropriate Application Of The Standardized Precipitation Index In Arid Locations And Dry Seasons. International Journal Of Climatology. (27), 65- 79.

Tallaksen, L.M. H., Madsen, and B., Clausen (1997). On The Definition and Modeling of Stream Flow . Drought Duration and Deficit Volume. Hydrological Sciences Journal, 42(1), 15-33.

Tallaksen, L.M.; and H.A.J., Vanlanen (2004). Hydrological Drought: Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. In: Developments in Water Science; 48, the Netherlands, Elsevier Science B.V., Amsterdam, the Netherlands.

Theon, J. S. (1992). The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). In: The Global Role of Tropical Rain (ed. by J. S. Theon)., 202-222. Hampton, Virginia, USA.

Tsakiris,G.,Vangelis, H. (2005). Establishing A Drought Index Incorporating Evapotranspiration. European Water. Vol. 9 (10), 3-11.

Tsakiris, G., and Tigkas, D. (2007). Drought Risk In Agriculture In Mediterranean Regions. Case Study: Eastern Crete. In Methods And Tools For Drought Analysis And Management (Pp. 399-414). Springer, Dordrecht.

United Nations Development Program (UNDP) .December (2010).Drought impact assessment, recovery and mitigation framework and regional project design in Kurdistan region (KR).

Vicente-Serrano, S. M., Gonzalez-Hidalgo, J. C., Luis, M., Raventos ,J., (2004). Drought Pattern In The Mediterranean Area: The Valencia Region (Eastern Spain).Climate Research. (26), 5-15.

Vicente-Serrano, S. M., and López-Moreno, J. I. (2005). Hydrological Response To Different Time Scales Of Climatological Drought: An Evaluation Of The Standardized Precipitation Index In A Mountainous Mediterranean Basin.

Walker, J. (1999). "Estimating Soil Moisture Profile Dynamics from Near- Surface Soil Moisture Measurements and Standard Meteorological Data". Ph.D. dissertation, The University of Newcastle, Australia,

Wilhite, D. A., and Glantz, M. H. (1985). Understanding: The Drought Phenomenon: The Role Of Definitions. Water International, 10(3), 111-120.

Wilhite, D., Svoboda, M., Hayes, M.(2005). Monitoring drought in the United States: status and trends. In Monitoring and Predicting Agricultural Drought, A Global Study, Boken VK, Cracknell AP, Heathcote RL (eds). Oxford University Press: New York; 121-131.

Wilhite, D. A. (2007). Preparedness And Coping Strategies For Agricultural Drought Risk Management: Recent Progress And Trends. In Managing Weather And Climate Risks In Agriculture (Pp. 21-38). Springer, Berlin, Heidelberg.

World Meteorological Organization (WMO).(1992). International Meteorological Vocabulary (WMO – No. 182). Geneva, World Meteorological Organization.

World Meteorological Organization (WMO). (2006). Drought Monitoring And Early Warning: Concepts, Progress and Future Challenges. Geneva.

World Meteorological Organization. (December 2009). Experts Agree On A Universal Drought Index To Cope With Climate Risks. Press Release No. 872.

World Meteorological Organization (WMO). (2012). Standardized Precipitation Index User Guide (M. Svoboda, M. Hayes And D. Wood), (WMO -No. 1090), Geneva.

Yevjevich, V. M. (1967). An Objective Approach To Definitions And Investigations Of Continental Hydrologic Droughts. Hydrology Papers (Colorado State University); No. 23.

Yevjevich, V. (1983). Methods For Determining Statistical Properties Of Droughts. Coping With Droughts, Water Resources Publications, Colorado, 22-43.

Yurekli, K., and Kurunc, A. (2006). Simulating Agricultural Drought Periods Based On Daily Rainfall And Crop Water Consumption. Journal Of Arid Environments, 67(4), 629-640.

Zhou, Z., and Wang, Z. (2003). Theory and Methods Of Drought System Analysis. Journal's URL: Http://Www. Ijst-Engineering. Webs. Com.

Abstract :

This study was carried out in the Syrian Coast region with the aim of studying the spatial distribution of drought using the Standard Precipitation Index (SPI) and evaluating its impact on soil moisture depths (10-10 cm), (40-10 cm and (100-40) cm) for a time series starting from 2005 until 2010 A data derived from Tropical Rainfall Measuring Mission TRMM satellite imagery was used for this purpose at a rate of one image per month for the study period from the beginning of January 2005 to December 2010, for a total of 72 images, In addition to the use of satellite imagery of soil moisture at the three depths mentioned previously, at the rate of one image per month for the study period and at the depth level, a total of 216 images simultaneously with the space data of the rainfall, work was done to process the precipitation images and produce maps of the standard rainfall index (SPI) and moisture Soil and its extraction using Erdas Imagine and ArcGIS software, The relationship between rainfall and SPI, between rain and soil moisture, and between soil moisture and SPI was also studied, The maps produced for this time series showed the largest amount of precipitation centered during months, The second, February, October, October, and December, and the best years of rain in 2009 are followed by 2006 then 2007 then 2005 and the worst years of rain are 2010 and then 2008 in the study area It also showed the compatibility of the amount of soil moisture at the depths studied with the rain precipitation, noting its rise during the months of March and April, and the reason is due to the falls of January and February and the retention of the soil with water, It was noticed that 2010 was the best year of moisture at a depth of (100-40) Cm, even though it is bad for rain in the Syrian coast, and when studying the average values of the SPI index for the years of the series 2005, 2006, 2007 and 2008 According to the average negative index values for the most famous years in the second row according to the table of droughts, which is light drought, As for 2010, with the limits of light drought and moderate drought, and at the level of the rainy season, it was found that the years 2005, 2007, 2008 and 2010 were agricultural dry Hence, the SPI evidence is effective in determining the spatial and temporal distribution of drought types at the

month level for each year of the study series (climatic drought) and at the rainy season level (8 months – agricultural drought), The study of correlations between rainfall and soil moisture indicated that the SPI is The direct impact is from rain on the ground moisture, the SPI index, and no Found a relationship between soil moisture and SPI guide directly, but rather the relationship between the link comes through the rain effect.

Key words: drought, remote sensing, Syrian coast, Standard Precipitation Index, Soil moisture.

Syrian Arabic Republic

Ministry of Higher Education and Scientific Research

Damascus University

Faculty Agriculture

Soil Science Department

Studying the Drought spatial distribution at the Syrian coast (Lattakia and Tartous) using the SPI Index and evaluating its impact on Soil moisture

A dissertation Submitted in fulfillment of the Requirements for the (Master) Degree In Agricultural Engineering

(Soil Science Department)

By: Nada Wafik Muhammad

Supervision

Dr. Eyad Ahmad Alkhaled

Research Director

General organization of Remote Sensing

Departmen oft Agricultural Research and Studies

Cooperator supervisor

Dr. Wassim Almesber

Associate professor

Faculty of Agriculture- Damascus University

Soil Science Department

Scientific Supervisor

Date : 2019-2020