



الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات

تطوير دمج البيانات المتزامنة في النظم متعددة عناصر التحسس

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في هندسة الإلكترونيات التطبيقية

إعداد

م. ليليان حسن

إشراف

د. جمان أبو جيب

العام الدراسي

2021-2022 م

Syrian Arab Republic

Ministry of Higher Education and Scientific Research

Damascus University

Faculty of Mechanical and Electrical Engineering

Department of Electronics and Communication Engineering



Developing Synchronized Data Fusion in Multi–Sensor Systems

**A Thesis Submitted In Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master Degree in Applied Electronics Engineering**

By

Eng. Lilyan Hasan

Supervisor

Dr. Joman Abojeb

Academic year

2021-2022

قرار لجنة الحكم مع توقيع اللجنة

تصريح خطي

أنا الموقع أدناه أصرح بعلمي الكامل وقبولي:

1. أن كل ما ينتج عن البحث والأطروحة هو ملكية فكرية ومالية بالتشارك مع جامعة دمشق، وأنني ألتزم بأخذ موافقة الجامعة في حال رغبتني بنشر البحث أو الأطروحة أو جزء منها نصاً أو مضموناً خارج إطار الجامعة (من دور نشر أو مكتبات أو مواقع إلكترونية وغيرها من وسائل النشر).
2. أنه لا يوجد أي جزء من هذه الأطروحة مقتبس عن عمل آخر أو أنجز للحصول على شهادة أخرى في جامعة دمشق أو أية جامعة أو معهد تعليمي داخل أو خارج الجمهورية العربية السورية.

الاسم والتوقيع

ليليان حسن

شكر وتقدير

أحمد الله حمداً كثيراً طيباً مباركاً على السموات والأرض على ما ذكرني به من إتمام هذا البحث العلمي التي أرحون
تنال رضاه.

ثم أتوجه بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى كل من:

أهلي وعائلتي..... لمن هم ووماً بجانبنا بدون سبب وبدون شروط.

الأصدقاء والأخوات الزملاء..... لما بذلوه من نصح وتوجيه.

الدكتورة الفاضلة / جمان أبو جيب لتفضلها الكريم بالإشراف على هذه الدراسة وتكرمها بنصحي وتوجيهي حتى إتمام
هذه الدراسة.

أعضاء لجنة المناقشة الكرام: الدكتور الفاضل / محمد خالد شاهين والدكتور / حسين طياوي بجروح حفظهما الله لتفضلهما
بقبول مناقشة هذه الدراسة.

أعضاء لجنة تحكيم الدراسة الكرام ، لمن كان لهم من نصح وتوجيه.

فهرس المحتويات

I	قرار لجنة الحكم مع توقيع اللجنة
II	تصريح خطي
III	شكر وتقدير
VIII	فهرس الأشكال
X	فهرس الجداول
XI	قائمة المصطلحات والاختصارات Terminology and Abbreviations List
XV	المستخلص Abstract
XVI	المستخلص باللغة الإنكليزية English Abstract
XVII	الإطار العام للبحث
XVII	المقدمة العامة General Introduction
XVIII	بعض الدراسات السابقة
XX	مشكلة البحث
XXI	هدف البحث
XXII	أهمية البحث
XXII	مسوغات البحث
XXIII	محددات البحث
XXIII	حدود البحث
XXIII	منهج البحث وأدواته
XXIII	بنية الرسالة
1	الفصل الأول دمج البيانات Data Fusion
3	1.1 مفاهيم وأسس دمج البيانات Concept and Theory of Data Fusion
4	2.1 نماذج دمج البيانات الرئيسية
5	1.2.1 نموذج المدراء المشتركين للمختبرات (JDL) Joint Directors of Laboratories
8	2.2.1 نموذج حلقة تحكم بويد (BCL) Boyd Control Loop
10	3.2.1 نموذج دورة الذكاء Intelligence Cycle
11	4.2.1 النموذج الشامل Omnibus Model
12	5.2.1 نموذج عملية دمج الشلال Waterfall Fusion Process Model
13	6.2.1 نموذج عملية دمج الشلال المعدلة Modified Waterfall Fusion Process

14	 Object-Oriented Model 7.2.1 النموذج غرضي التوجه
15	 3.1 مقارنة بين نماذج الدمج
18	 4.1 تقسيم آليات دمج البيانات بحسب تقانة الدمج
22	 5.1 تصنيف آليات دمج البيانات حسب نوع الدخل والخرج
23	 1.5.1 المعطيات الداخلة – المعطيات الخارجة (DAI-DAO) Data In-Data Out
23	 2.5.1 المعطيات الداخلة – السمات الخارجة (DAI-FEO) Data In-Feature Out
23	 3.5.1 السمات الداخلة – السمات الخارجة (FEI-FEO) Feature In-Feature Out
24	 4.5.1 السمات الداخلة – القرارات الخارجة (FEI-DEO) Feature In-Decision Out
24	 5.5.1 القرارات الداخلة – القرارات الخارجة (DEI-DEO) Decision In-Decision Out
25	 6.1 أنواع عملية دمج البيانات بحسب التطبيق لعملية الدمج
25	 1.6.1 دمج الحساسات
26	 2.6.1 دمج الخصائص
26	 3.6.1 دمج المجالات
26	 4.6.1 دمج الزمن
26	 7.1 بنيان الدمج Fusion Architectures
26	 1.7.1 بنيان الدمج المركزي Centralized Fusion
27	 2.7.1 بنيان الدمج الموزع Distributed Fusion
28	 3.7.1 بنيان الدمج الهجين Hybrid Fusion
28	 8.1 طرائق دمج البيانات Data Fusion Methods
29	 1.8.1 قاعدة بايز Bayes' Rule
30	 2.8.1 مرشح كالمن Kalman Filter
32	 3.8.1 طرائق مونت كارلو التتابعية Sequential Monte Carlo
35	الفصل الثاني الحساسات والحواسيب وحيدة اللوحة Sensors and Single-Board Computers
36	 1.2 الحساس The sensor
36	 2.2 أنواع الحساسات Sensor Types
36	 1.2.2 الحساس الذكي Smart Sensor
38	 2.2.2 الحساس المنطقي Logical Sensor
38	 3.2 نمذجة الحساس وإدارته وتجميع المعلومات Sensor Modeling

39	4.2 تصنيف أجهزة التحسس حسب نشاطها Sensing Classification Devices
39	1.4.2 أجهزة تحسس نشطة
39	2.4.2 أجهزة تحسس غير نشطة.....
39	5.2 تقنية التحسس
40	1.5.2 حساسات الحالة الداخلية (ISSs) Internal State Sensors
40	1.1.5.2 حساسات حالة بالتماس (CSSs) Contact-state sensors
40	2.1.5.2 حساسات حالة عديمة التماس (NCSSs) Non-Contact State Sensors
40	2.5.2 حساسات الحالة الملاحة الخارجية (ENSS) External Navigational State Sensors
41	6.2 الحساسات المستخدمة في هذا البحث Used Sensors
41	1.6.2 قياس درجة الحرارة
42	2.6.2 قياس النبض
43	1.2.6.2 المناطق الشائعة لتحسس نبض القلب
43	2.2.6.2 معايير النبض الطبيعية للشخص البالغ
44	3.2.6.2 عوامل زيادة النبض
44	4.2.6.2 آليات قياس النبض
45	3.6.2 قياس الأكسجة في الدم
46	1.3.6.2 مستويات الأكسجين في الدم
47	2.3.6.2 آلية قياس نسبة الأكسجة في الدم
49	4.6.2 قياس تدفق الهواء
50	5.6.2 حساس قياس السرعة
51	7.2 الحواسيب وحيدة اللوحة (SBCs) Single Board Computers
52	8.2 عوامل اختيار الحاسوب وحيدة اللوحة SBC Selection Factors
53	9.2 مجالات استخدام الحواسيب وحيدة اللوحة
53	10.2 استخدام الحواسيب وحيدة اللوحة في دمج البيانات
55	الفصل الثالث التنفيذ العملي والنتائج Implementation and Result
56	1.3 النموذج المحسن المقترح لدمج البيانات Proposed Model for Data Fusion
58	2.3 مستويات النموذج المقترح وتفصيله Levels of Proposed Model
63	3.3 تطوير نظام مراقبة صحي شخصي Developing a Personal Health Monitoring System
63	1.3.3 مخطط الدمج حسب تقانة الدمج

65	2.3.3 مخطط الدمج بحسب التطبيق لعملية الدمج
66	3.3.3 مخطط الدمج حسب نوع الدخل والخرج
67	4.3 نتائج المحاكاة Simulation Results
68	1.4.3 مقارنة تدفق البيانات بين النموذج المقترح ونموذج دورة الذكاء
68	1.1.4.3 تدفق البيانات في نموذج دورة الذكاء
69	2.1.4.3 تدفق البيانات في النموذج المقترح
72	1.2.1.4.3 تنقسم عملية الدمج الفعلي للبيانات إلى مرحلتين
72	2.2.1.4.3 مرحلة النشر
75	2.4.3 توليد العينات العشوائية
75	3.4.3 توليد القيم الشاذة "الخارجة عن الحدود المقبولة" للاختبار
75	4.4.3 التطبيق العملي باستخدام برمجية الماتلاب
76	1.4.4.3 إحضار القيم الخاصة بحدود المعدلات الحيوية للإنسان والعيّنات التجريبية المدخلة
76	2.4.4.3 مرحلة التحقق من قراءة الحساسات
77	3.4.4.3 مرحلة الدمج الأولية
77	4.4.4.3 مرحلة الدمج النهائية
77	6.4.3 النتائج المحصلة ومناقشتها
79	1.6.4.3 تطبيق أول صفة حُسنت في النموذج المقترح وهي عملية الدمج معاً في آنٍ واحدٍ
82	2.6.4.3 تطبيق عملية التحقق من صحة القيم المدخلة فقط دون الدمج في آنٍ واحدٍ ومقارنته مع نموذج دورة الذكاء ...
88	الخاتمة Conclusion
89	الآفاق المستقبلية Future Works
90	المراجع References
95	الملاحق Appendices

فهرس الأشكال List of Figures

الشكل (1-1) مفهوم سلسلة دمج البيانات	4
الشكل (2-1) نموذج المدراء المشتركين للمختبرات (JDL)	5
الشكل (3-1) نموذج حلقة المراقبة، والتوجيه، والقرار، والتنفيذ	9
الشكل (4-1) دورة الذكاء Intelligence Cycle	10
الشكل (5-1) بنية النموذج الشامل	12
الشكل (6-1) نموذج عملية الدمج الشلال	13
الشكل (7-1) نموذج عملية الدمج الشلال المعدل	14
الشكل (8-1) النموذج غرضي التوجه Object-Oriented Model	15
الشكل (9-1) النوع المتمم لدمج البيانات	19
الشكل (10-1) دمج البيانات لتأمين رؤية محيطية للسيارات ذاتية القيادة	19
الشكل (11-1) النوع التنافسي في دمج البيانات	20
الشكل (12-1) النوع التعاوني في دمج البيانات	21
الشكل (13-1) أنواع دمج البيانات	22
الشكل (14-1) تصنيفات آليات دمج البيانات بحسب نوع الدخل والخرج	25
الشكل (15-1) البنيان المركزي	27
الشكل (16-1) بنيان الدمج الموزع	27
الشكل (17-1) بنيان الدمج الهجين	28
الشكل (1-2) الحساس الذكي	37
الشكل (2-2) واجهة ملف النظام	37
الشكل (3-2) مخطط الامتصاص للهيموغلوبين المؤكسج وغير المؤكسج	47
الشكل (1-3) نموذج دمج البيانات المحسن المقترح	62
الشكل (2-3) مخطط الدمج حسب تقانة الدمج	65
الشكل (3-3) مخطط الدمج بحسب التطبيق لعملية الدمج	66

67	الشكل (3-4) مخطط الدمج حسب نوع الدخل والخرج
68	الشكل (3-5) المخطط الصندوقي لتدفق البيانات في نموذج دورة الذكاء
70	الشكل (3-6) المخطط الصندوقي للنموذج المقترح
	الشكل (3-7) المخطط التدفقي لخوارزمية العمل العامة لنموذج الدمج المقترح لعمليتي الدمج
73	والتحقق لمرة واحدة
	الشكل (3-8) المخطط التدفقي لخوارزمية عمل نموذج الدمج المقترح لعمليتي الدمج والتحقق
74	لمرة واحدة ضمن التطبيق المقترح
76	الشكل (3-9) المخطط الصندوقي لعملية إحضار العينات
	الشكل (3-10) النتائج الزمنية المحصلة من اختبار النموذج المقترح دون مرحلة التحقق مع
80	نموذج دورة الذكاء
	الشكل (3-11) النتائج الزمنية المحصلة من اختبار النموذج المقترح (مرحلة التحقق فقط) مع
83	نموذج دورة الذكاء
85	الشكل (3-12) النتائج الزمنية المحصلة من اختبار النموذج المقترح مع نموذج دورة الذكاء
87	الشكل (3-13) الواجهة التفاعلية التي جرى تصميمها للبرنامج المستخدم

فهرس الجداول List of Tables

16	الجدول (1-1) مقارنة بعض نماذج دمج البيانات
17	الجدول (2-1) خصائص وحدود بعض نماذج دمج البيانات
43	الجدول (1-2) معدل النبض بالنسبة للأطفال دون سن 12 عاماً
49	الجدول (2-2) نسب الغازات أثناء الشهيق والزفير
57	الجدول (1-3) الخصائص المستفاد منها في النموذج المقترح المأخوذة من النماذج التقليدية
59	الجدول (2-3) بعض ميزات ملفات قاعدة البيانات المحلية
78	الجدول (3-3) القيم السليمة والحدود الشاذة للمعاملات الحيوية
78	الجدول (4-3) قيم المعاملات الحيوية التي يعدّ ضمنها الشخص مريض
79	الجدول (5-3) النتائج الزمنية المحصلة من اختبار النموذج المقترح دون مرحلة التحقق مع نموذج دورة الذكاء
82	الجدول (6-3) النتائج الزمنية المحصلة من اختبار النموذج المقترح (مرحلة التحقق فقط) مع نموذج دورة الذكاء
84	الجدول (7-3) النتائج الزمنية المحصلة من اختبار النموذج المقترح مع نموذج دورة الذكاء

قائمة المصطلحات والاختصارات Terminology and Abbreviations List

المصطلح العربي	الاختصار	المصطلح الأجنبي
توازن القاعدة الحمضية	ABB	Acid–Base Balance
التنفيذ	Act	Act
التنفيذ الموجه	A-O	Action-Oriented
التفكير التقريبي	AR	Approximate Reasoning
أوردوينو	–	Arduino
حلقة تحكم بويد	BCL	Boyd Control Loop
شبكات بيسان	–	Bayesian
قاعدة بايز	–	Bayes rule
وحدة المعالجة المركزية	CPU	Central Processing Unit
بنية الدمج المركزي	–	Centralized Fusion
النوع المتمم	–	Complementary Type
النوع التنافسي	–	Competitive Type
شبكة التحكم بالمنطقة	CAN	Controller Area Network
أجهزة التحسس بالاتصال	CSS	Contact–state Sensors
النوع التعاوني	–	Cooperative Type
محاذاة البيانات	–	Data Alignment
تخصيص البيانات	–	Data Classified
دمج البيانات	DF	Data Fusion
المعطيات الداخلة – المعطيات الخارجة	DI–DO	Data In–Data Out
المعطيات الداخلة – السمات الخارجة	DI–Fo	Data In–Feature Out

Data In–Decision Out	DI–DO	المعطيات الداخلة –القرارات الخارجة
Decision In–Decision Out	DI–DO	القرارات الداخلة– القرارات الخارجة
Decide	–	القرار
Department of Defense	DoD	وزارة الدفاع
Distributed Fusion	–	بنية الدمج الموزع
Estimation Fusion	–	الدمج التقديري
External Navigational State Sensors	ENSS	الحالة الملاحية الخارجية
Feature In–Feature Out	FI–FO	السمات الداخلة – السمات الخارجة
Feature In–Decision Out	FI–DO	السمات الداخلة– القرارات الخارجة
Fuzzy Logic Systems	–	أنظمة المنطق العائم
Genetic Algorithms	–	الخوارزميات الجينية
Graphical User Interface	GUI	واجهة المستخدم الرسومية
Graphics processing unit	GPU	وحدة معالجة الرسوميات
Hybrid Fusion	–	بنية الدمج الهجين
Infrared	–	الأشعة تحت الحمراء
Interactive Multiple Modeling	IMM	النمذجة المتعددة التفاعلية
Internal State Sensors	–	حساسات الحالة الداخلية
Interface File System	–	واجهة إدارة الملفات
Internet Of Things	IoT	انترنت الأشياء
Intelligence Cycle	–	نموذج دورة الذكاء
Interface File System	IFS	نظام ملفات الواجهة
Joint Directors of Laboratories	JDL	المدرء المشتركين للمختبرات

Kalman Filters	–	مرشحات كالمن
Microcontroller	–	متحكم صغير
Microelectro–Mechanical Technology System	–	التقنية بواسطة تكنولوجيا الأنظمة الإلكترونية ميكانيكية
Multi_Sensor Data Fusion	MSDF	دمج البيانات متعدد عناصر التحسس
Neural Network	–	الشبكات العصبونية
Network Sensor– Wireless	–	شبكات الحساسات اللاسلكية
Non–Contact State Sensors	NCSS	أجهزة استشعار دون اتصال
Object Refinement	–	تنقيح الأغراض
Observe	–	مراقبة
Orient	–	التوجيه
oxidized Hb	-	الهيموغلوبين المؤكسج
O2CT	O2CT	محتوى الأكسجين
O2Sat	O2Sat	تشبع الأكسجين
Process Refinement	–	تنقيح العمليات
PaCO2	–	الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون
PaO2	–	الضغط الجزئي للأكسجين
The Probability Hypothesis Density	PHD	كثافة فرضية الاحتمال
Programmable Logical Controller	PLC	تحكم منطقي قابل للبرمجة
Pulse–width modulation	PWM	تعديل عرض النبض
Random–access memory	RAM	ذاكرة الوصول العشوائية
Random Finite State	RFS	الحالات العشوائية المنتهية
Raspberry Pi	-	رايسبيري باي
Real-Time	–	الوقت الحقيقي

Reduced Hemoglobin <i>HbO2</i>	Hbo2	الهيموغلوبين غير المؤكسج
Sensor Configuration	–	تشكيلة الحساس
Single Board Computer	SBc	الحاسوب وحيد اللوحة
Single Concrete Sensor	SCS	حساسات بسيطة ذات كتلة واحدة فقط
Situation Assessment	–	تقييم الموقف
Situation Refinement	–	تنقيح الحالة
Symbolic Fusion	–	دمج رمزي
Source Reprocessing	–	معالجة المصدر
Source Code	–	الرماز المصدري
Threat Refinement	–	تنقيح التهديدات
UDOO Bolt 3	–	لوحة التطوير أودو بولت
Unmanned Aerial Vehicle	UAV	طائرة بدون طيار
White Gaussian Noise	–	ضجيج غوسي أبيض

المستخلص Abstract

خلفية البحث: دعت الحاجة إلى خفض الارتياح في البيئات المدروسة مثل التعرف الآلي على الهدف، والتوجيه والتحكم في المركبات المستقلة، مراقبة الآلات المعقدة، التشخيص الطبي، والمباني الذكية إلى استخدام عدد كبير من الحساسات عوضاً عن حساس واحد، ولتوصيف الحالة المدروسة جرى التوجه إلى دمج خرج هذه الحساسات، ومن ثم دراسة أنظمة دمج بيانات الحساسات.

ظهرت عند دمج بيانات عدة أنظمة متعددة عناصر التحسس مشكلة العمل في الزمن الحقيقي. وذلك نتيجة اعتمادها آلية الدمج التسلسلي مهما تعددت مستويات الدمج، مما يتسبب بتأخير في عملية المعالجة، عدم القدرة على تمييز المعطيات الصحيحة، ومن ثم تقييم غير دقيق أو غير موثوق لتوصيف الموقف أو الحالة المدروسة.

هدف البحث: يهدف البحث إلى تطوير نموذج دمج بيانات، يعمل على تخفيض زمن عملية الدمج بوساطة فصل مرحلتَي الدمج والقيام بهما في آنٍ واحد (دمج بيانات أول - دمج بيانات ثانوي) لأكثر من عنصريّ تحسس، وعلى ترشيح القراءات الشاذة الناتجة عن خلل في قراءة المعلومة ونقلها، ومن ثم إتاحة إمكانية تقييم الحالة (أو الموقف) المدروسة في الزمن الحقيقي.

المواد والطرائق: اتبعت الطريقة البحثية في دراستنا باستخدام برمجية ماتلاب (Matlab(2016a لمحاكاة نموذج دمج البيانات المقترح ونموذج دورة الذكاء، وباستخدام برمجية Visual Studio 2019 لتوليد العينات العشوائية لعملية اختبار النموذجين.

الاستنتاجات والنتائج العملية: جرت مقارنة أداء النموذج المقترح ونموذج دورة الذكاء والتأكد من صحة البيانات المحصلة من كلا النموذجين. كذلك التحقق من فعالية النموذج المقترح بتنفيذه في تطبيق برمجي يخص دمج بيانات صحية مقترح، حيث حقق نموذجنا المقترح أداء أسرع ودقة أعلى في توصيف الحالة المدروسة.

وقد جرى نشر نتائج البحث في مجلة البحث في المجلد 43 لعام 2021.

الكلمات المفتاحية: دمج البيانات المتزامنة - نماذج دمج البيانات - دمج المعلومات - دمج الحساسات

المستخلص باللغة الانكليزية English Abstract

Research Background: The need to reduce the uncertainty in the studied environments such as automated target recognition, guidance and control of autonomous vehicles, monitoring of complex machinery, medical diagnosis, and smart buildings, called for the use of a large number of sensors instead of one sensor, and in order to describe the studied case, we considered the fusion of the output of these sensors, thus studying the sensor data fusion systems

When fusing data from multiple multi-sensor element systems, the problem of working in real time has arisen, as a result of their adoption of the serial fusion mechanism, regardless of the number of levels of fusion. This causes delay in processing, and the inability to distinguish correct data, leading to non-accurate or non-reliable evaluation description of the situation or the studied case.

The Research Objective: The research aims to development of a data fusion model, which reduces the time of the fusion process by separating the two phases of fusion and conducting them simultaneously (initial data fusion -secondary data fusion) for more than two sensors, and filtering abnormal readings resulting from a defect in reading information and its transmission, which provides the possibility to evaluate the studied state (or situation) in real time.

Resources and Methods: The research method was used in our study using Matlab(2016a) to simulate the proposed data fusion model and Intelligence Cycle Model, and using Visual Studio software 2019 to generate random samples for the testing process of the two models.

Conclusion and Practical Results: we compared the performance of the proposed model with the Intelligence Cycle model and make sure that the data collected from the two models accurate. We also verified the effectiveness of the proposed model by implementing it in a suggested health diagnosed software application. Our proposed model achieved higher and faster performance and describing the studied.

The result were published in AlBaath University Journal, No.43, Year 2021

Key words: Synchronized Data Fusion – Data Fusion Models – Information Fusion – Sensor Fusion.

الإطار العام للبحث

المقدمة العامة General Introduction

يُحظى بنيان أجهزة متعددة الحساسات، في الوقت الحاضر باهتمام أكبر لأنها توفر فهماً أفضل للبيئة المحيطة، ويعدّ استخدام أنظمة متعددة الحساسات للتعامل مع مهام الإدراك في بيئة غنية حلاً طبيعياً. ركزت معظم الأعمال البحثية على التطبيقات المستندة إلى الحاسوب الشخصي لمهام الإدراك، ويوجد الكثير من الأدوات التي تقوم بتنفيذ عمليات الدمج مثل الأردوينو Arduino، والراسبيري باي Raspberry pi كما يوجد منصات أو كتل جزئية برمجية لتحصيل البيانات من شركات عالمية مصنعة وفق معايير عالمية.

ويتفق الباحثون على أنّ التعريف الأكثر قبولاً لدمج البيانات هو التعريف الذي طرح من قبل ورشة عمل المدراء المشتركين للمختبرات (JDL) (Joint Directors of Laboratories): "عملية متعددة المستويات تتعامل مع الارتباط والجمع بين مجموعة البيانات والمعلومات من مصدر معلومات أو أكثر لتحقيق تقييم دقيق للموقف الحالي وتحديد تقدير كامل وفي الوقت المناسب للمواقف والتهديدات وأهميته [1].

كما قدم كل من هول Hall و ليناس Linas (1997) التعريف الآتي لدمج البيانات: "تقوم تقنية دمج البيانات بجمع البيانات من الحساسات المتعددة والمعلومات ذات الصلة من قواعد البيانات المرتبطة لتحقيق دقة محسنة واستنتاجات أكثر تحديداً ممّا يمكن تحقيقه باستخدام حساس واحد [2].

باختصار، يمكن تعريف دمج البيانات على أنه دمج المعلومات من مصادر متعددة للحصول على معلومات مُحسنة؛ ممّا يعني الحصول على معلومات أقل تكلفة أو أعلى جودة أو معلومات أكثر صلة بالهدف المطلوب. ويعدّ ما يقوم به الإنسان المثال الأكثر شيوعاً عن دمج المعلومات، فيستقبل الإنسان

المدخلات من الأعضاء المختلفة وهي ما يعرف بالحواس الخمسة وهي: اللمس، والشم، والتذوق، والصوت، والبصر بأشكال فيزيائية مختلفة، وبإجراء بعض العمليات المعقدة تتحول المدخلات من الأعضاء إلى الإحساس بالبيئة المحيطة، وكل ذلك يعود إلى المراكز المسؤولة عن هذه الحواس داخل الدماغ، يجري الحصول على صورة أكثر اكتمالاً لمشهد جرت ملاحظته بعدد من الحواس بخلاف استخدام حاسة واحدة فقط. تعدّ الأنشطة البشرية من تخطيط، وتمثيل، وتحليل السوق، والاستخبارات العسكرية، والعمل الفني المعقد، وتسلسلات الرقص المعقدة، وإنشاء الموسيقى، والصحافة أمثلة جيدة للأنشطة التي تستخدم جوانب دمج البيانات المتقدمة (Data Fusion (DF) ومفاهيمها. يجمع الدماغ البشري هذه البيانات أو المعلومات دون استخدام أي وسائل مساعدة تلقائية، لأنه يمتلك قدرة تفكير ترابطية قوية، تطورت على مدى السنين[3].

يشمل دمج المعلومات من حساسات متعددة ومصادر متعددة (Multisource Multi-) (MUSSIF) (Sensor Information Fusion)، واعتماد الأساليب والأدوات المصممة والمستخدمة لاستغلال الدمج في المعلومات المكتسبة من مصادر متعددة (الحساسات وقواعد البيانات والمعلومات التي جمعت بالحواس البشرية، وغيرها..)، والفهم النهائي الناتج للكائن (أو العملية أو المشهد)، وبذلك يكون القرار، أو الإجراء أفضل، نوعاً أو كمّاً، في الدقة، والمتانة وما إلى ذلك[4].

بعض الدراسات السابقة

كان التوجه نحو دمج البيانات المحصلة من عدد من الحساسات أسلوب اتبعه كثير من الباحثين في تطوير أبحاثهم وتسهيل عملية توصيف البيئة أو الحالة المدروسة أو اتخاذ القرار أو حتى من أجل التنبؤ بسلوك العنصر المدروس.

طرح بوين Bouain وآخرون [5] بحثاً حول استخدام أنظمة متعددة عناصر التحسس لتصميم بنية لتوفير فهم أفضل لتصوير البيئة للمركبات الذكية. ويعدّ استخدام نظام متعدد عناصر التحسس مهماً للتعامل مع مهام الإدراك في بيئة غنية. ركزت معظم الأعمال البحثية على التطبيقات المستندة إلى الحاسوب الشخصي لمهام الإدراك، فاقترحوا تصميمًا مضمّنًا لدمج البيانات متعددة عناصر التحسس (MSDF) Multi-sensor Data Fusion لمهام إدراك السيارة باستخدام كاميرا مجسمة وأجهزة تحسس للكشف عن الضوء وتحديد المدى (الليدار) (Light Detection and Ranging (LIDAR). وجرى تصميم بنية معياري قابل للتطوير.

قدم كيو Qiu وآخرون [6] بحثاً عن الحساسات الشائعة القابلة للارتداء، والأجهزة الذكية القابلة للارتداء ومجالات التطبيق الرئيسية. حيث تُعرّف الحساسات المتعددة بناءً على وجود أكثر من نموذج أو قناة. مثل الإشارات الصوتية، المرئية، البيئية أو الفيزيولوجية. ومن أجل ذلك تم اقتراح طرق دمج الحساسات متعددة الطرائق والمواقع. حيث جرى استخدام نهج أكثر شمولية من أجل توفير نقطة انطلاق أكثر ملاءمة يمكن من خلالها تطوير فهم كامل لطرق دمج أجهزة الحساسات القابلة للارتداء لطالما أنها كانت تعتمد جانباً واحداً. على وجه التحديد، تحاول هذه المراجعة تقديم مسح أكثر شمولاً لأهم جوانب تطبيقات أجهزة الحساسات المتعددة للتعرف على النشاط البشري.

قدم كاشيناث kashinath وآخرون [7] مقالاً حول دمج البيانات في أنظمة النقل الذكية وتنفيذ أساليب تحديد الاتجاه في أنظمة النقل الذكية لتسهيل تحليل تدفق حركة المرور، والحلول التي تستلزم للتنبؤ بمتغيرات حركة المرور المختلفة مثل سلوك القيادة ووقت السفر، والسرعة، والكثافة والحوادث وتدفق حركة المرور، مع محاولة تحديد وتعريف الزمن الحقيقي ومصادر البيانات متعددة الحساسات التي يتم استخدامها في مجالات حركة المرور، وتحسين التحكم في حركة المرور؛ مع محاولات لربط تجريدات abstractions دمج المستوى الأول

من البيانات، ودمج مستوى الميزات، ودمج مستوى القرار لتحديد طرق الاتجاه لفهم دور دمج البيانات في تسهيل تحليل تدفق حركة المرور و أنظمة النقل الذكية بشكل أفضل.

قدم مزمل Muzammal وآخرون [8] منهجية دمج بيانات من عناصر تحسس متعددة لمجموعة بيانات طبية من شبكات أجهزة تحسس الجسم، اقترح نهج يسمح بدمج البيانات للعمل مع البيانات الطبية التي جرى الحصول عليها من شبكات حساس الجسم (BSNs) Body Sensor Networks في بيئة حوسبة ضبابية. يجري الحصول على بيانات الأنشطة اليومية من مجموعة من أجهزة التحسس التي دمجت معًا لتوليد بيانات نشاطات عالية الجودة. تدخل البيانات المدمجة لاحقًا إلى مصنف المجموعة للتنبؤ المبكر بأمراض القلب. يجري استضافة المجموعات في بيئة حوسبة ضبابية وتنفذ حسابات التنبؤ بطريقة لامركزية. تدمج النتائج من العقد الفردية في بيئة حوسبة ضبابية لإنتاج مخرجات موحدة لغرض التصنيف.

قدم تسانوسا Tsanousa وآخرون [9] مقالاً حول الشركات الصناعية التي أصبحت أكثر ذكاءً بشكل متزايد نتيجة للثورة الصناعية، حيث تُستخدم أجهزة التحسس المتعددة للمراقبة الصناعية للآلات والعاملين من أجل اكتشاف الأحداث وبالتالي تحسّن عملية التصنيع وخفض التكاليف، وزيادة السلامة. حيث ينتج عن الأنظمة متعددة عناصر التحسس كمية كبيرة من البيانات غير المتجانسة. تعالج تقنيات دمج البيانات مشكلة الوسائط المتعددة من خلال دمج البيانات من مصادر مختلفة وتحسين نتائج أنظمة المراقبة حيث يجري تخزين البيانات والفهرسة من الأنواع المختلفة من الحساسات.

مشكلة البحث

مع ازدياد التطبيقات المعقدة التي تعتمد على أكثر من حساس للتعرف على البيئة أو الغرض المدروس لأن أغلب هذه التطبيقات تعتمد على المراقبة المستمرة مثل الروبوتات وأنظمة المراقبة والملاحقة وتطبيقات

إنترنت الأشياء التي تقوم بتحصيل معلومات بشكل مستمر لتقدير الحالة بالزمن الحقيقي للقيام باتخاذ القرارات المناسبة في الوقت المناسب أو إرسال الإشعارات المعبرة عن الحالة للأنظمة الأخرى المرتبطة. وقد ظهرت مشكلة ضعف قدرة نماذج دمج البيانات التقليدية (نموذج المدراء المشتركين للمختبرات، نموذج دورة الذكاء، نموذج الدمج الشلال المعدل) على القيام بعملية الدمج بشكل فعال في حال كان عدد النتائج أو القرارات المطلوبة في الدقيقة أكثر مما تستطيع هذه النماذج معالجته، إذ أن هذه النماذج موجهة بشكل رئيسي للقيام بعملية دمج وحيدة بالنظر لترتيب سير العمليات التسلسلي فيها؛ أي إنه في كل واحد من هذه النماذج هناك دوماً مرحلة وحيدة تعمل وتكون باقي المراحل في حالة انتظار ريثما تنتهي جميع المراحل الأخرى، مما يسبب بظناً في عملية المعالجة في حال كانت هذه الأنظمة مسؤولة عن عملية مراقبة مستمرة للحالة.

هدف البحث

يهدف البحث إلى إيجاد نموذج دمج بيانات يعمل على تقسيم مراحل العمل وجعل هذه المراحل تعمل معاً في آن واحد بهدف اختصار الوقت اللازم لمعالجة البيانات الخام القادمة من الحساسات المختلفة بشكل مستمر، كما يهدف البحث إلى إنشاء مرحلة تحقق بعد كل عملية تحصيل بيانات من الحساسات هدفها التأكد من أن جميع القراءات هي ضمن الحدود المقبولة للقيمة المقاسة (مثل القيم الحدية لدرجة حرارة الإنسان)؛ أي التأكد من أنه لا يوجد خلل في الحساس أو في نقل البيانات من الحساس إلى النظام الرئيسي مما يؤدي إلى توصيف غير دقيق للحالة (لأن القراءة خاطئة) وإشغال النظام بعملية دمج البيانات ومعالجتها. وتعمل مرحلة التحقق على إعلام المستخدم بوجود خطأ مع تحديد الحساس المسؤول عن الخطأ ليقوم بإجراء ما يلزم. وتشمل الدراسة النقاط الآتية:

- دراسة مرجعية حول آليات دمج البيانات في أنظمة الحساسات المتعددة.
- دراسة تقييم أداء نظم القياسات متعددة الحساسات (الزمن، تكامل البيانات،...).
- دراسة مرجعية للحواسيب وحيدة اللوحة (أردوينو Arduino ، راسبيري باي Raspberry pi ، إيغل Eagle، Micro Chip وغيرها) المستخدمة لنظم التحصيل.
- محاكاة تجريبية لآليات دمج مختلفة لنظم التحصيل باستخدام برمجيات محاكاة معيارية تخصصية (محاكاة لاب فيو LabView، ماتلاب Matalab ..)
- كتابة مقالة علمية بنتائج البحث ونشرها في مجلة علمية محكمة معترف بها من قبل جامعة دمشق.
- كتابة الأطروحة.

أهمية البحث

تعود أهمية البحث لتطوير نموذج دمج بيانات متزامن يعمل على دمج خرج الحساسات المتعددة كونه لا يمكن لحساس وحيد أن يغطي بيئة أو حالة مدروسة لإعطاء دقة في توصيف الحالة.

مسوغات البحث

لا يمكن لحساس وحيد قياس جميع الخصائص الفيزيائية في بيئة تحت الدراسة، ويعود السبب إلى محدودية تصميمية للحساسات وقيودها، وقلة كفاية مقدار فيزيائي وحيد لتوصيف البيئة المحيطة نظرا للغموض والارتباك من معلومات القياس والتحكم المحصلة. يعدّ أحد الحلول الفعالة تعدد الحساسات في نظم التحصيل، التي سيظهر عنها مشكلة تقنية جديدة تتعلق بتطوير دمج البيانات وتحديد الطريقة الأكثر فعالية

من خلال تقييم أداء طرائق الدمج وتطوير طرائق جديدة وذلك لتقليل مشكلة الارتياح في البيئة الموجودة تحت المراقبة.

محددات البحث

باستخدام برنامج المحاكاة Matlab(2016a) أُجريت محاكاة لنموذج الدمج المقترح والمطور عن نموذج دمج دورة الذكاء Intelligence Cycle باعتماده على مرحلتي دمج بآن واحد، حيث جرى التركيز على زمن عملية الدمج مع التحقق من صحة البيانات المحصلة لإعطاء توصيف أدق لحالة المدروسة .

حدود البحث

حد تقائي: التقانة والبرمجيات المعتمدة المتوفرة Matlab(2016a)، Visual Studio .

حد زمني: المدة الزمنية المعطاة من سنة 2020 الى 2022.

حد علمي: اعتمدت الدراسة النظرية، ومن ثم اقتراح نموذج واختباره على نظام مراقبة صحي.

منهج البحث وأدواته اعتمد في هذا البحث المنهج العلمي البحثي المبني على أسس برمجية،

واستعين بالبرمجيات الآتية:

- Matlab إصدار 2016a.
- Visual Studio إصدار 2019.

بنية الرسالة

تتكون الرسالة من ثلاثة فصول:

- يتناول الفصل الأول أنواع أنظمة دمج البيانات ونماذجها وهيكلتها وبنيتها وتصنيف أنظمة دمج البيانات تبعاً لتقانة الدمج ونوع الدخل والخرج والتطبيق لعملية دمج البيانات.
- يعرض الفصل الثاني دراسة للحساسات وأنواعها وبنيتها في النظم المتعددة الحساسات وكيفية قياس الحساسات للمعاملات الحيوية المعتمدة في بحثنا، ودراسة مرجعية للحواشيب وحيدة اللوحة وتطبيقها في عملية دمج البيانات.
- يتناول الفصل الثالث الشرح والتنفيذ العملي لنموذج دمج البيانات المقترح ومستوياته وبيئة العمل التي استخدمت وتوضيح خوارزمية النموذج والمخطط الصندوقي الخاص بالنموذج المقترح وشروط العمل وآلية الدمج، إضافةً إلى التطبيق الصحي من أجل اختبار النموذج المقترح ومقارنته مع نموذج دورة الذكاء مع توضيح المخطط والنتائج.

الفصل الأول

دمج البيانات

Data Fusion

يظهر دمج البيانات بسرعة كبيرة بوصفه تقنية لا يُستهان بها وتؤسس لتطبيقات متزايدة باستمرار في كثير من العمليات والأنظمة الطبيّة الحيويّة، والأتمتة الصناعيّة، والفضاء، والهندسة البيئيّة، فضلاً عن تطبيقات الدفاع العسكري.

تتضمن العملية الكاملة لدمج البيانات دراسة كثير من التخصصات المترابطة [1]:

- معالجة الإشارة أو الصورة.
- التقنيات الحسابية والرقميّة والخوارزميات.
- نمذجة الحساسات وإدارتها والتحكم فيها وتحسينها.
- الشبكات العصبونية Neural Network والتفكير التقريبي Approximate Reasoning وأنظمة المنطق العائم Fuzzy Logic Systems والخوارزميات الجينية Genetic Algorithms.
- تحديد هوية النظام وتقدير معاملات الحالة (طرائق التربيع الصغرى مرشحات كالمن Kalman filters).
- إدارة قواعد البيانات الحاسوبية.

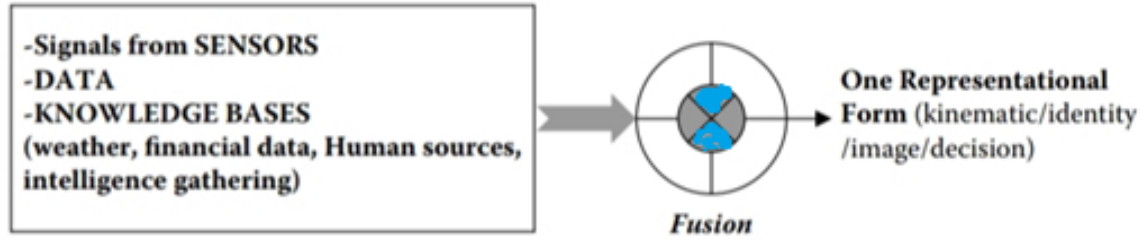
يمكن الاستفادة من دمج البيانات في عدد كبير ومتنوع من التطبيقات نذكر أمثلة على ذلك [1]:

- استخدام البيانات المدمجة من الحساسات الجيروسكوبية وحساسات الأفق للتوجيه الدقيق لمركبة التصوير الفضائية.
- النمذجة المتعددة التفاعلية لتتبع الأهداف (Interactive Multiple Modeling IMM).

- تقييم الموقف وتحديد الاتجاه باستخدام شبكات بيسان Bayesian الثابتة والديناميكية، مما يؤدي إلى اتخاذ قرارات أكثر دقة.
- تكامل هوية الأهداف مع المعلومات الحركية.
- دمج بيانات قمر القيادة للطائرة لمساعدة الطيار والملاحة المستقلة.
- دمج البيانات لمركبات المريخ والمركبات الفضائية.
- دمج البيانات في الأنظمة الذاتية الذكية المتنقلة والروبوتات الميدانية منها والخدمية والطبية.
- دمج المعلومات من البنية الداخلية منخفضة التكلفة والحساسات مع نظام تحديد المواقع العالمي Global Positioning System (GPS) في مرشحات كالمن للمركبات المستقلة مثل المركبات الجوية بدون طيار Unmanned Aerial Vehicle (UAV) والروبوتات.
- في أنظمة الحساسات المتكاملة للملاحة والتوجيه والتحكم والدفع (NGC-PC) Navigation Guidance, and Control-Propulsion Control، ومعالجة بيانات الحساسات ومتطلبات الأداء، وتقييم أداء نظام NGC-PC التي تُستخدم في الصواريخ والطائرات والمركبات الفضائية.

1.1 مفاهيم وأسس دمج البيانات Concept and Theory of Data Fusion

دمج البيانات (Data Fusion (DF هي عملية جمع أو تكامل قياسات أو بيانات قبل المعالجة أو معلومات ناتجة عن حساسات مختلفة أو منابع لإنتاج معلومات موحدة وواضحة وأكثر دقة. موضح في الشكل (1-1) مفهوم سلسلة دمج البيانات DF.



الشكل (1-1) مفهوم سلسلة دمج البيانات [1]

يدل رمز الدمج المشار إليه بدائرتين الى عملية الدمج لتأكيد أن عملية الدمج ليس عملية جمعية حيث من الممكن أن تتضمن عملية الضرب لمعاملات لها علاقة بالاحتمالات كما في قاعدة بايز Bayes rule [1]. إن عملية الدمج من عدة حساسات تعطي استنتاجات أكثر دقة من خلال تخفيض الخطأ لتوقع الحالة أو تحديد هوية الهدف المراقب وهي أفضل من الاستنتاجات التي يمكن إنجازها بواسطة حساس واحد. في نماذج عملية دمج البيانات تُعرّف شبكات دمج الحساسات في شبكات الحساسات اللاسلكية Wireless Sensors Networks (WSNs) على أنها طوبولوجيا منظمة لها بنى محددة تصنف وفقاً لنوع تشكيلة الحساس Sensor Configuration [1]. ويمكن ترتيب الحساسات المتعددة بطريقة معينة للحصول على النتائج المرجوة، وفي بعض الأحيان، يحدد الترتيب من خلال الترتيب الهندسي أو الجغرافي للحساسات المتاحة، مثل الرادارات [1] .

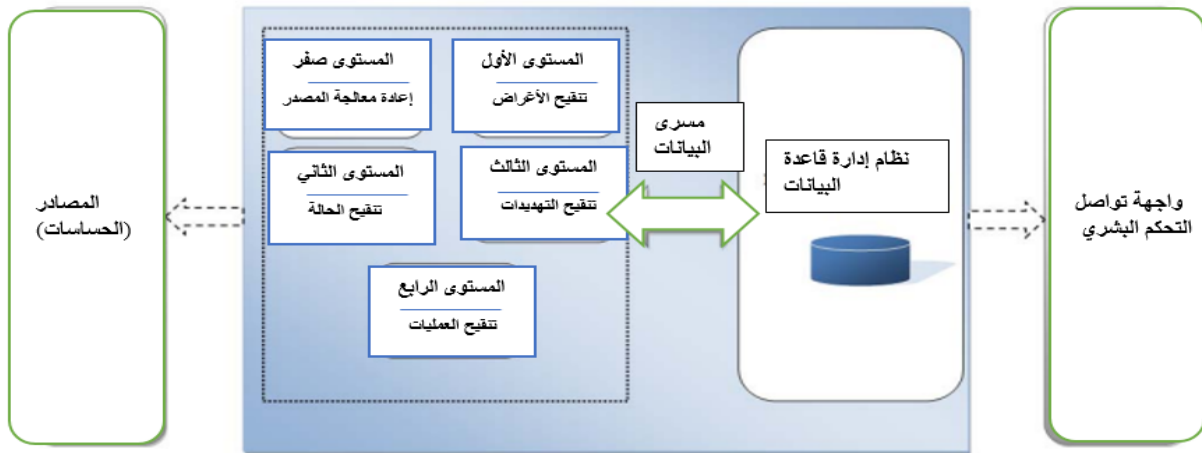
2.1 نماذج دمج البيانات الرئيسية

دمج بيانات الحساسات المتعددة (MSDF) Multi_Sensor Data Fusion هي عملية نظرية للنظام (دمج الحساسات، ومعالجة الإشارات والبيانات، والتقدير، والتحكم، واتخاذ القرار). وقد جرى تطوير عدد من نماذج دمج البيانات داخل البيئات البحثية والتجارية. واستخدمت هذه النماذج في كثير من المشاريع للمساعدة

في تطوير أنظمة الدمج من خلال إنشاء الخوارزمية الأكثر ملاءمة للمشكلة المحددة. ومن بعض هذه النماذج:

1.2.1 نموذج المدراء المشتركين للمختبرات Joint Directors of Laboratories (JDL):

نموذج المدراء المشتركين للمختبرات هو نموذج شائع في مجال دمج البيانات، قُدم هذا النموذج من قبل المدراء المشتركين للمختبرات الأمريكية ووزارة الدفاع الأمريكية (Department of Defense (DoD). ومع ذلك، فقد جرت مراجعته من قبل باحثين آخرين [1]. يتكون نموذج JDL من خمسة مستويات معالجة رئيسية لا يلزم معالجتها بترتيب تسلسلي، ومع ذلك، يمكن تنفيذها بشكل متزامن ونظام إدارة قاعدة البيانات ومسرى البيانات Data bus الذي يربط جميع المكونات معاً. يبين الشكل (2-1) بنية نموذج JDL [1].



الشكل (2-1) نموذج المدراء المشتركين للمختبرات (JDL) [13]

كما هو موضح في الشكل (2-1) نجد بيانات الحساسات على الجانب الأيسر التي توضح مدخلات النظام، يمكن أن تكون هذه المصادر احساسات المحلية أو الحساسات الموزعة، أو أي بيانات أخرى إما من قاعدة بيانات أو من مدخلات بشرية. أما على الجانب الأيمن، يوجد التفاعل بين الإنسان

والحاسوب (HCI) Computer Interaction Human، الذي يسمح بأنواع مختلفة من المدخلات البشرية مثل طلبات البيانات والتقارير والأوامر. تعد تقنية إدارة قاعدة البيانات أمراً بالغ الأهمية لأنه مسؤول عن الحفاظ على البيانات التي دمجت. كما أنه مسؤول عن استرجاع البيانات وضغطها والاستعلام عن معلومة ما[10].

نموذج المدراء المشتركين للمختبرات هو نموذج دمج بيانات (Data Fusion (DF) موجه للوظائف ويهدف إلى أن يكون عاماً ومفيداً عبر مجالات تطبيق متعددة، مع وجود وصلات فرعية تصل إلى أربعة مستويات من معالجة دمج الإشارات وتقييم الأداء.

نموذج (Data Fusion Process (DFP هو نموذج مفاهيمي يحدد العمليات والوظائف وفئات التقنيات والتقنيات المحددة المطبقة على دمج البيانات. تعرف عملية دمج البيانات DFP ويتصور من خلال مصادر المعلومات، والتفاعل البشري مع الحاسوب، والمعالجة المسبقة في المصدر، ومستويات دمج البيانات، وأخيراً، نظام إدارة البيانات، بما في ذلك تقييم الأداء. والنموذج JDL هو نموذج تجريدي أي لا يهتم بمصدر المعلومات أو نوعها متمحور حول المعلومات، مع خصائص محددة.

فيما يلي نوضح المستويات الخمسة المعروفة في نموذج JDL [1]:

- المستوى صفر: ويسمى إعادة معالجة المصدر Source Reprocessing، في هذا المستوى يجري تصنيف البيانات Data Classified وتحديد الوقت والمكان ونوع البيانات المجمعة وتصنيفها مما يؤدي إلى تقليل الحمل في نظام دمج البيانات.
- المستوى الأول: ويسمى تنقيح الأغراض Object Refinement يُنفذ كثير من المهام، منها تنظيم البيانات (تحويل البيانات إلى إطار مرجعي ووحدات متناسقة)، والارتباط فيما بينها

باستخدام طرائق الارتباط المعروفة باسم ارتباط (اقتزان) البيانات Data Association، وتتبع المواقف الفعلية والمستقبلية للأغراض المدروسة، وتحديد الهوية باستخدام طرائق التصنيف. يتكون هذا المستوى من إجراءات كثيرة، مثل التقدير، وتتبع الهدف، والتعرف على الأنماط. ويؤدي المستوى الأول الوظائف الآتية:

- يحول البيانات إلى مجموعة متناسقة من الوحدات والإحداثيات.
- ينقح ويهذب ويستقرئ تقديرات موضع الجسم أو ديناميكيته أو سماته.
- تخصيص البيانات للأشياء للسماح بتطبيق تقنيات التقدير الإحصائي.
- يشير إلى الغرض المدروس أو تقدير هوية الكائن.

يمكن تقسيم دمج البيانات في المستوى الأول إلى جزأين:

- الدمج الحركي Kinematic Fusion: يتضمن دمج المعلومات المحلية لتحديد موقع الأجسام المتحركة وسرعتها وتسارعها، مثل الصواريخ والطائرات والسفن والأشخاص والمركبات الأرضية.

- دمج الهوية Identity Fusion: يتضمن دمج البيانات الوسطية لتحديد هوية الكائن المرصود (على سبيل المثال، تحديد ما إذا كان الجسم المتحرك هو صاروخاً أم طائرة).

- المستوى الثاني: يسمى تنقيح الحالة Situation Refinement، وتصف عملية تحسين الوضع والعلاقات بين الأشياء والأحداث وتؤكد على البيانات المتعلقة ببعضها. وتقوم بإجراء مزيد من التحليل لإعادة تحديد الموقف ويفسر هذا المستوى بيانات الحساسات بطريقة مماثلة لتفسير الإنسان وهي عملية معقدة، كما يفحص نتائج المستوى الأول.

- المستوى الثالث يسمى تنقيح التهديدات Threat Refinement ويعنى بتوضيح التهديد وصله، على أساس المعرفة المسبقة والتنبؤات حول الوضع المستقبلي و يوفر تصوراً واضحاً للتهديدات المستقبلية المحتملة وفرضيات حول الأعداء والأغراض المدروسة. وتستند إليه القرارات والإجراءات المهمة.

- المستوى الرابع ويسمى تنقيح العمليات Process Refinement وهو مسؤول عن مراقبة أداء جميع عمليات دمج البيانات من أجل توفير تحكم في الزمن الحقيقي Real-Time، كما أنه يحدد نوع البيانات المطلوبة وما هي المتطلبات لتحقيق الأهداف المحددة.

جرى دعم النموذج JDL بواسطة نظام إدارة قاعدة البيانات، الذي يراقب ويقيم ويضيف ويحدث ويوفر معلومات لعمليات الدمج [1]، نظراً لاحتوائه كمية كبيرة من البيانات. يعدّ التفاعل بين الإنسان والآلة Human Control Interface (HCI) أمراً بالغ الأهمية ويوفر واجهة للمدخلات البشرية وتوصيل نتائج الدمج للمشغلين والمستخدمين. تسمح واجهة تواصل التحكم البشري في التحكم بالمدخلات البشرية مثل الأوامر وطلبات المعلومات والتقييمات البشرية للاستنتاجات.

واجهة تواصل التحكم البشري (HCI) Human Control Interface هي الآلية التي من خلالها يقوم نظام الدمج بإيصال النتائج عبر التنبيهات، والشاشات. يعدّ نموذج JDL الأكثر ملاءمة لتطبيق دمج بيانات الحساسات المتعددة في الدفاع [33].

2.2.1 نموذج حلقة تحكم بويد (BCL) :Boyd Control Loop

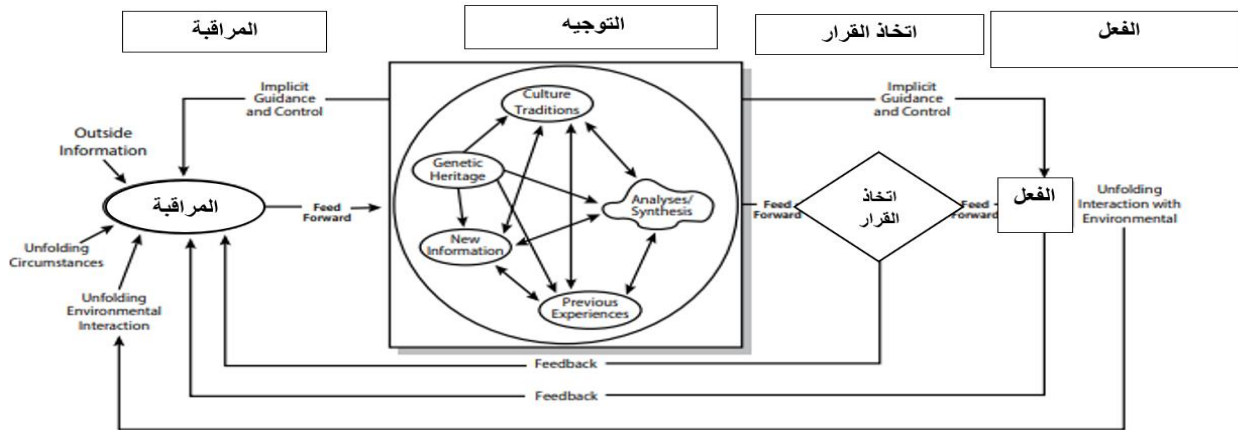
نموذج حلقة تحكم بويد أو نموذج بويد Boyd Model هو أحد النماذج القائمة على النشاط التي تعتمد على تنفيذ هذه الأنشطة في تسلسلها الصحيح. ويُعرف أيضاً باسم حلقة (OODA), Observe, Orient Decide, Act المراقبة، والتوجيه، والقرار، والتنفيذ. حلقة تحكم بويد هي نموذج دوري من أربع

مراحل يصف الأنشطة الرئيسية في نظام الدمج كما هو موضح في الشكل (1-3) وقد جرى اقتراح هذا النموذج لدعم القرار في الأنظمة العسكرية [13].

- المرحلة الأولى وهي مرحلة المراقبة Observe: و توفر المعالجة المسبقة للحساس وتخصيص البيانات. يمكن مقارنة مرحلة المراقبة بشكل أساسي بخطوة المعالجة المسبقة للمصدر في نموذج JDL (المستوى 0).

- المرحلة الثانية وهي مرحلة التوجيه Orient: التي تحتوي على جميع عمليات محاذاة البيانات Data Alignment وتوقعات الموقف، وتحتوي هذه المرحلة ضمناً على وظائف المستويات 1 و2 و3 من نموذج JDL.

- المرحلة الثالثة وهي مرحلة القرار Decide: وهي المسؤولة عن اتخاذ القرارات. وتقرن مرحلة القرار بالمستوى 4 من نموذج JDL. والمرحلة الرابعة والأخيرة هي مرحلة الفعل Act: التي تتضمن نظام الاستجابة الذي ينفذ الخطة، ولم يجر تضمين مرحلة التنفيذ في نموذج JDL.



الشكل (1-3) نموذج حلقة المراقبة، والتوجيه، والقرار، والفعل [1]

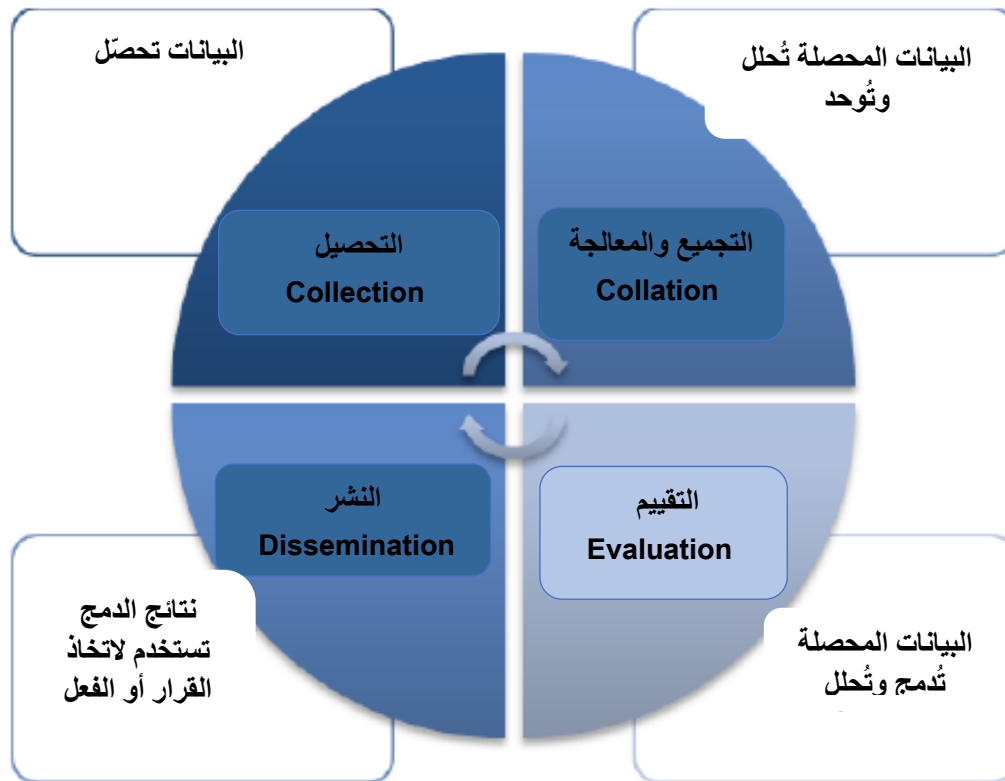
3.2.1 نموذج دورة الذكاء :Intelligence Cycle

هو نموذج دوري قائم على النشاط يحتوي على دورة من أربع مراحل تصف عملية التحصيل لاتخاذ

القرارات. والمراحل الأربع هي : التجميع والمعالجة والتقييم والنشر كما هو موضح الشكل (1-4).

والمراحل الأربع هي [1]:

- مرحلة التجميع تجمع البيانات الخام المناسبة.
 - مرحلة المعالجة وفيها تبسط المعلومات التي جمعت وتجميع البيانات لتكون جاهزة للمرحلة التالية.
 - في مرحلة التقييم، تستخدم المعلومات المتاحة ويجري الدمج الفعلي.
 - مرحلة النشر تمكن المستخدمين من استخدام نتائج المرحلة السابقة من أجل اتخاذ القرارات.
- وقد تضاف مرحلة في البداية وهي مرحلة التخطيط لتحديد المتطلبات.



الشكل (1-4) دورة الذكاء Intelligence Cycle [8]

4.2.1 النموذج الشامل Omnibus Model:

النموذج الشامل هو نموذج دوري قائم على النشاط. اقترح لأول مرة من قبل بيدويث Bedworth

وأوبرين O'Brien في عام (1980) [10]. يبين في الشكل (1-5) مخططاً للنموذج الشامل يظهر معظم

مميزات دمج النموذج الشامل، إضافة إلى أنه يستخدم مصطلحات عامة، وطبيعته الدورية قابلة للمقارنة مع

نموذج حلقة تحكم بويد. يوفر النموذج الشامل مستويات معالجة مفصلة بشكل أكثر مقارنة بنموذج حلقة

تحكم بويد، ويتكون النموذج الشامل من أربع مراحل رئيسية هي [13]:

- مرحلة التحسس : تجري خطوات التحسس ومعالجة الإشارات كما في مرحلة المراقبة لنموذج حلقة

تحكم بويد BCL.

- مرحلة معالجة الإشارات: وهي مسؤولة عن جمع البيانات ومعالجتها.

- مرحلة استخراج الميزات: تستخرج الأنماط من البيانات التي جمعت وبعد اكتمال استخراج

الأنماط، يجري دمجها.

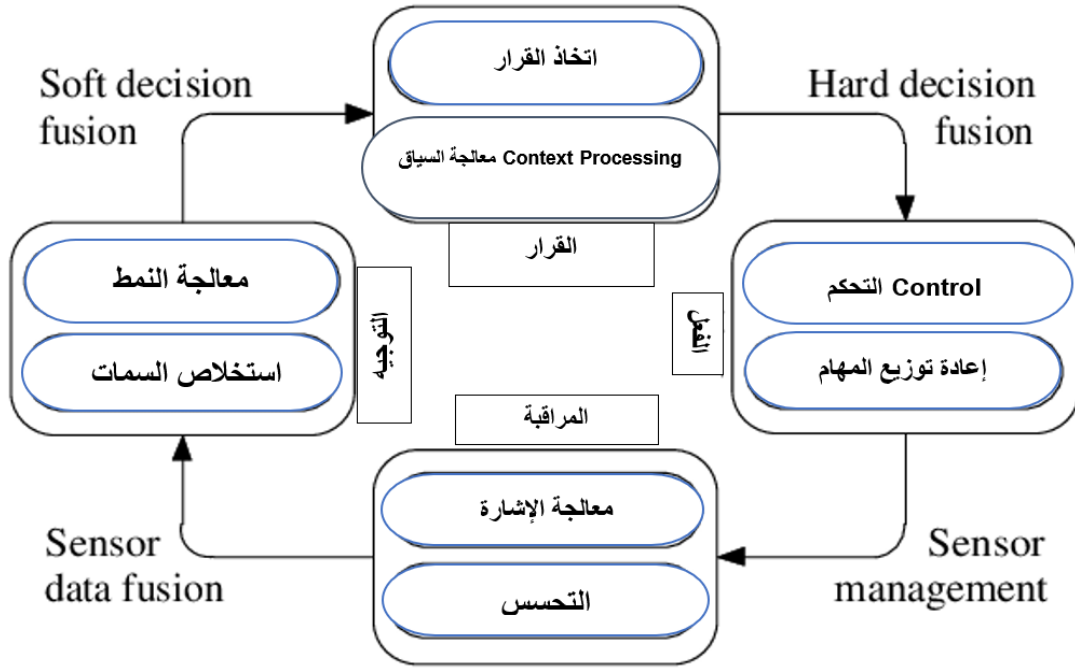
- مرحلة القرار: تتخذ القرارات، وتختار أفضل خطة وتنفذ.

النموذج الشامل هو نموذج بسيط وسهل التطبيق والمتابعة لكثير من تطبيقات دمج البيانات غير الدفاعية. فضلاً

عن ذلك، يعد النموذج الشامل أكثر عمومية من النماذج الثلاثة السابقة وله دورة عمل مستمرة ومغلقة، مما يجعله

أكثر فاعلية من نموذج المدراء المشتركين للمختبرات [10]. ومن ثمّ يمكن عدّ النموذج الشامل نموذجاً قياسيًّا في

عملية الدمج وتطبيقات دمج البيانات غير الدفاعية.



الشكل (5-1) بنية النموذج الشامل [10]

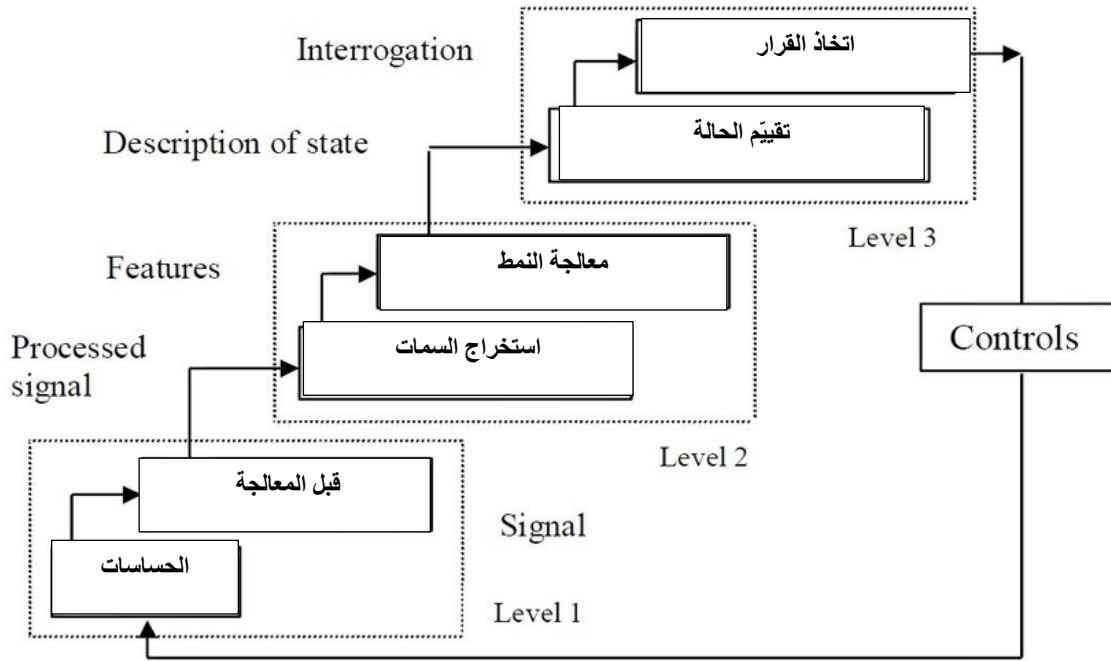
5.2.1 نموذج عملية دمج الشلال Waterfall Fusion Process Model:

يؤكد نموذج عملية دمج الشلال WaterFall Fusion Process (WFFP) [1] على وظائف المعالجة للمستويات الدنيا، كما هو موضح في الشكل (1-6) تتشابه مراحل معالجة هذا النموذج مع نموذج JDL، وهي [13] :

- التحسس ومعالجة الإشارات المتعلقة بالمعالجة المسبقة للمصدر (المستوى صفر من نموذج JDL).
- استخراج السمات ومعالجة الأنماط (المستوى الأول من نموذج JDL).
- تقييم الحالة Situation Assessment (SA) متعلق بتحسين الحالة (المستوى الثاني من نموذج JDL).

- اتخاذ القرار (المستوى الثالث من نموذج JDL).

يشبه نموذج عملية الدمج الشلال في بعض الجوانب نموذج JDL، ومع ذلك، فإن نموذج عملية الدمج الشلال سهل التطبيق للغاية. إذ لا توجد تغذية راجعة لتدفق البيانات في نموذج عملية الدمج الشلال لأن هذا نموذج غير دوري [13].

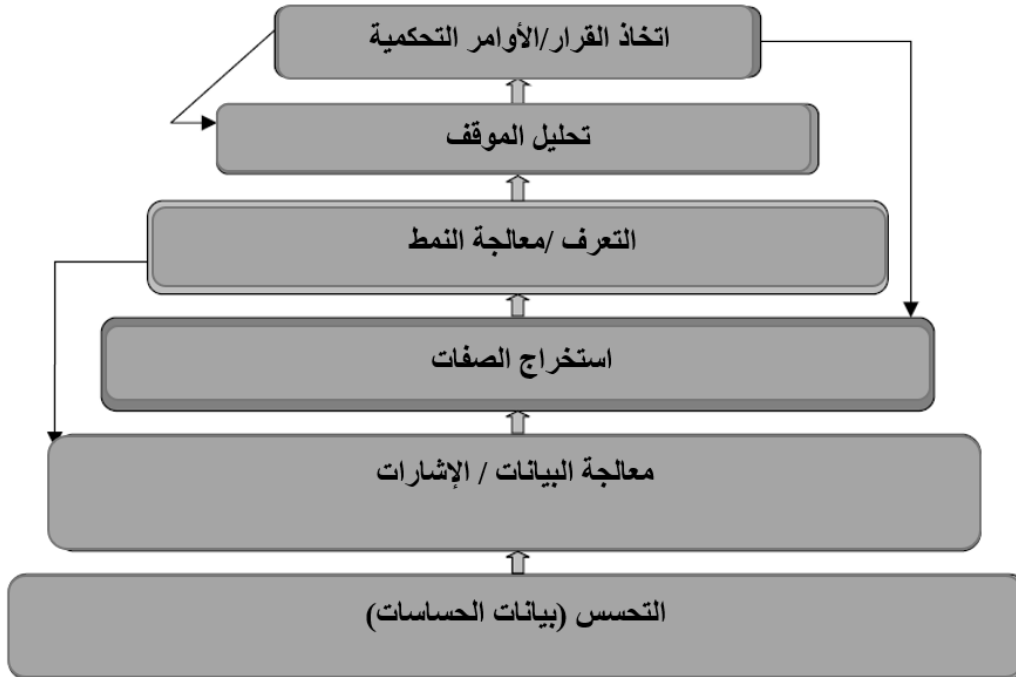


الشكل (6-1) نموذج عملية الدمج الشلال [13]

6.2.1 نموذج عملية دمج الشلال المعدلة Modified Waterfall Fusion Process:

يبين الشكل (7-1) مخطط نموذج عملية دمج الشلال المعدل، جرت إضافة بعض المهمات الفرعية الأولى من التحسس إلى استخراج الميزات والثانية من معالجة النمط إلى اتخاذ القرار وإجراءات التحكم. وهذا النموذج هو نسخة معدلة من النموذج الأصلي ويمكن أن يتضمن على الأقل إجراء تحكم حلقة مفتوحة أو بعض إجراءات التحكم في حلقة التغذية الراجعة. وبالتالي، فإن نموذج عملية دمج الشلال المعدل المقترح هو نموذج عملي، عُدل باستخدام حلقات التغذية الراجعة المحلية، على النحو التالي [10]:

- أُضيفت حلقة من إجراءات اتخاذ القرار والتحكم إلى مجموعة تقييم الوضع، من أجل عكس تحسين الوضع واستخدامه إجراء تحكم جديد.
- أُضيفت حلقة من معالجة النموذج إلى معالجة الإشارات، لتعكس التعرف على النمط المعزز واستخدامه في إعادة تأهيل مرحلة تقييم الموقف.
- أُضيفت حلقة من اتخاذ القرار وإجراءات التحكم إلى كتلة استخلاص الميزات، لعكس عملية صنع القرار المحسنة وإجراءات التحكم الجديدة على أساس استخراج الميزات المحسنة. وبالتالي، فإن نموذج عملية دمج الشلال المعدل هو أكثر من مجرد نموذج مجرد، إنه نموذج عملي التوجه Action-Oriented عند مقارنته بنموذج JDL أو نموذج عملية الدمج الشلال التقليديين.



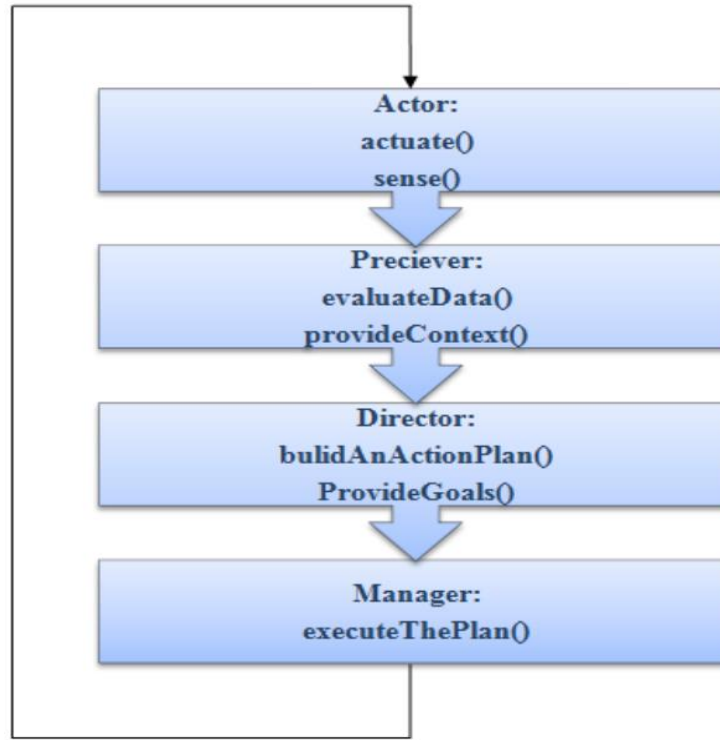
الشكل (7-1) نموذج عملية الدمج الشلال المعدلة [10]

7.2.1 النموذج غرضي التوجه Object-Oriented Model:

النموذج الموجه للأغراض أو الكائنات، وهو نموذج قائم على الأدوار role-based التي يكون لها بنيان دوري قائم على الأغراض cyclic architecture based on roles، تم اقتراح هذا النموذج من قبل كوراك korak et.al. يوضح الشكل (8-1) الشكل العام للنموذج.

والأدوار هي :

- الفاعل Actor دوره التفاعل مع العالم أو الوسط الخارجي.
- المدرك Perceiver دوره تقييم وتحليل البيانات التي تم جمعها.
- الموجه Director دوره إنشاء الخطط بناءً على أهداف النظام المحددة .
- المدير Manger دوره تنفيذ الخطط الموضوعية بواسطة المخرج.[13]



الشكل (8-1) النموذج غرضي التوجه Object-Oriented Model [13]

3.1 مقارنة بين نماذج الدمج

يوضح الجدول (1-1) مقارنة بين نماذج دمج البيانات السابقة وأوجه التشابه والاختلاف فيما بينها [13].

الجدول (1-1) مقارنة بعض نماذج دمج البيانات [13]

النموذج النشاط	JDL	BCL (OODA)	Waterfall	Modified WaterFall	Intelligence Cycle	Omnibus	Object- Oriented Model
جمع البيانات	-	Observe المراقبة	Sensing التحسس	Sensing التحسس	Collect التحصيل	Sensing and Signal Processing التحسس ومعالجة الإشارة	Actor
معالجة الإشارة	Level 0	Observe المراقبة	Signal Processing معالجة الإشارة	Signal Processing معالجة الإشارة	Collate التجميع والمعالجة	Sensing and Signal Processing التحسس ومعالجة الإشارة	Actor
معالجة البيانات	Level 1	Orient التوجه	Feature Extraction / Pattern Processing استخراج السمات /معالجة النمط	Feature Extraction استخراج السمات	Collate التجميع والمعالجة	Signal Processing معالجة الإشارة	Actor
تقييم الموقف	Level 2	Orient التوجه	Situation Assessment تقييم الحالة	Situation Assessment تقييم الحالة	Evaluate التقييم	Feature Extraction استخراج السمات	Perceiver
تقدير الخطر	Level 3	Orient التوجه	-	-	Evaluate التقييم	Decision Stage مرحلة القرار	Director

اتخاذ القرار	Level 4	Decide القرار	Decision Making اتخاذ القرار	Decision Making اتخاذ القرار	Disseminate النشر	Decision Stage مرحلة القرار	Director
الفعل	-	Act الفعل	-	-	Disseminate النشر	Act Stage مرحلة الفعل	Manager

يظهر الجدول (1-1) اختلاف وتداخل المراحل في نماذج دمج البيانات التي تبدأ بعملية أو نشاط يتطور من التحسس وجمع البيانات إلى اتخاذ الإجراءات وتنفيذ الأوامر؛ هذا بدوره يحدد الأهداف العامة، والمحددة لجميع نماذج دمج البيانات. بعض النماذج لديها أهداف أكثر عمومية مثل نموذج JDL، حيث يركز على عملية الدمج أكثر من عملية تحصيل البيانات وتنفيذ الأوامر. إنّ بعض النماذج يصعب إعادة استخدامها في تطبيقات مختلفة مثل نموذج JDL ونموذج Omnibus نظرًا للتقنيات المعقدة المستخدمة أو بسبب التعديلات الخاصة بها [13]. كما يوضح الجدول (2-1) خصائص وحدود بعض نماذج دمج البيانات

الجدول (2-1) خصائص وحدود بعض نماذج دمج البيانات [13]

Limitations الحدود	خصائص	نموذج دمج البيانات
- من الصعب إعادة استخدام النموذج بعد تطبيقه في تطبيق معين لأنه لا يحدد التقنيات المستخدمة. - لا يوجد مرحلة فعل.	- نموذج دمج عام. - نموذج تجريدي. - خمسة مستويات. - واجهة التفاعل بين الإنسان والحاسوب. - نظام إدارة قاعدة البيانات. -	JDL
لا يظهر تأثير مرحلة الفعل على باقي مراحل النموذج.	- نموذج دوري يعتمد على النشاط. - أربعة مستويات. - فصل مهام النظام بشكل واضح. - وجود مرحلة الفعل.	BCL(OODA)
- لا يفصل بين مهام النظام. - لا يوجد مرحلة الفعل.	- نموذج دوري يعتمد على النشاط. - نموذج دمج بيانات عامة. - أربعة مستويات.	Intelligence Cycle

في حال كان هناك متطلبات محددة مطلوبة لتطبيق ما، فإن النموذج الشامل ليس أفضل نموذج لدمج البيانات، لأنه يجمع بين عدة مراحل مثل قرارات بسيطة Soft decision وقرارات صعبة Hard decision تؤدي إلى ارتباك في عمل النموذج.	- نموذج دوري يعتمد على النشاط. - أربعة مستويات. - يصف بوضوح مستويات العملية في حلقة دورية. - وجود مرحلة الفعل.	Omnibus
- يشبه نموذج JDL لكن لا يوجد تغذية راجعة . - لا يوجد تقدير للخطر. - لا يوجد مرحلة الفعل.	- نموذج غير دوري. - نموذج تجريدي. - أربعة مستويات تتضمن ست مراحل.	Waterfall
- لا يوجد تقدير للخطر. - لا يوجد مرحلة الفعل.	- مطور عن Waterfall. - نموذج دوري عملي التوجه. - نموذج موجه للأفعال. - ستة مستويات. - حلقات مفتوحة أو بعض إجراءات التحكم في حلقة تغذية راجعة.	Modified Waterfall
لا يفصل بين مهام النظام	- يصف الأدوار المختلفة للبيئة المدروسة. - أربعة مستويات.	Object-Oriented Model

يجري تقسيم تصنيفات دمج البيانات بحسب تقانة الدمج ونوع الدخل والخرج وتطبيق عملية الدمج [13]:

4.1 تقسيم آليات دمج البيانات بحسب تقانة الدمج

شبكات دمج الحساسات هي طوبولوجيا منظمة لها بنى محددة وتصنف وفقاً لتكوين الحساس ويظهر لدينا

الأنماط الثلاثة [1]

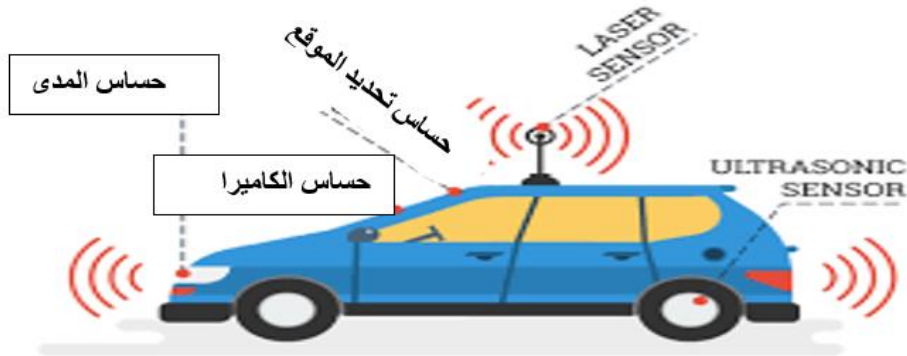
- النوع المتمم Complementary Type: في هذا النمط لا تعتمد الحساسات على بعضها مباشرة، ويرى أحد الحساسات جزءاً من المنطقة والآخر يرى جزءاً مختلفاً من المنطقة، بذلك يعطي صورة كاملة للمنطقة بأكملها،

ونظراً لأنهما مكملان لبعضهما البعض يمكن دمجهما لتكوين صورة أكثر اكتمالاً للظاهرة التي جرى ملاحظتها، وبالتالي ستكون مجموعات بيانات الحساس كاملة. على سبيل المثال، يمكن أن يوفر استخدام عدة كاميرات، كل منها يراقب أجزاء مختلفة من الغرفة، رؤية كاملة للغرفة. توفر الكاميرات الأربعة حول منطقة جغرافية صورة كاملة للمنطقة المحيطة كما في الشكل (9-1).



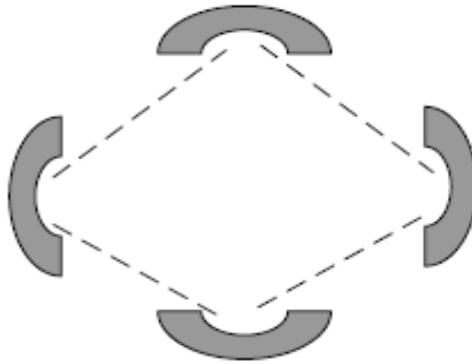
الشكل (9-1) النوع المتمم لدمج البيانات [1]

أو كما يجري في السيارات ذاتية القيادة التي تدمج البيانات من الحساسات المحيطة بالسيارة لتوفير رؤية شاملة للمحيط، حيث يوجد عدد من الحساسات (حساس اتجاه، حساس حركة، حساس سرعة، حساس كاميرا وغيرها)، يجري تحصيل خرج هذه الحساسات ودمجها لتحقيق طريقة سير آمنة ضمن المسار الذي تعبره كما يوضح الشكل (10-1). يعدّ دمج البيانات التكميلية أمراً سهلاً نسبياً لأنه يمكن إلحاق البيانات من الحساسات المستقلة ببعضها لبعض.



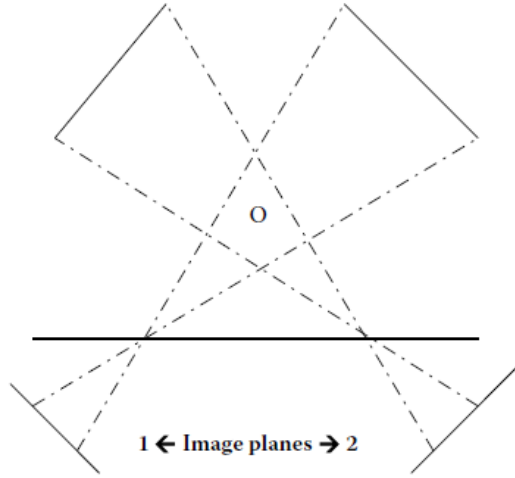
الشكل (10-1) دمج البيانات لتأمين رؤية محيطية للسيارات ذاتية القيادة [5]

- النوع التنافسي Competitive Type: في هذا النوع يقدم كل حساس قياسات مستقلة للسمة أو الميزة نفسها. و من الممكن دمج النوع نفسه من البيانات القادمة من الحساسات المختلفة أو دمج القياسات من حساس واحد جرى الحصول عليه في لحظات مختلفة. يوفر هذا النوع المتانة والتسامح مع الأخطاء لأنه يمكن استخدام المقارنة مع حساس آخر لاكتشاف الأعطال، ولا يجب بالضرورة أن تكون الحساسات في هذا النظام متطابقة. كما هو مبين في الشكل (11-1).



الشكل (11-1) النوع التنافسي في دمج البيانات [1]

- النوع التعاوني Cooperative Type: في هذا النوع تُستخدم البيانات المقدمة من حساسين مستقلين لاستخلاص معلومات لن تكون متاحة من حساس واحد، كما هو الحال في نظام الرؤية المجسمة وذلك من خلال الجمع بين الصور ثنائية الأبعاد (2D) من كاميرتين تقعان في زاويتين مختلفتين و يجري تحديد صورة ثلاثية الأبعاد (3D) للمشاهد المرصود. من الصعب تصميم دمج الحساسات التعاونية، وستكون البيانات الناتجة حساسة لدقة جميع الحساسات الفردية المستخدمة. حيث يمكن الحصول على رؤية ثلاثية الأبعاد لغرض يقع في مجال الرؤيا لكاميرتين تؤمنان صور ثنائية الأبعاد من زوايا مختلفة كما يوضح الشكل (12-1) [1].

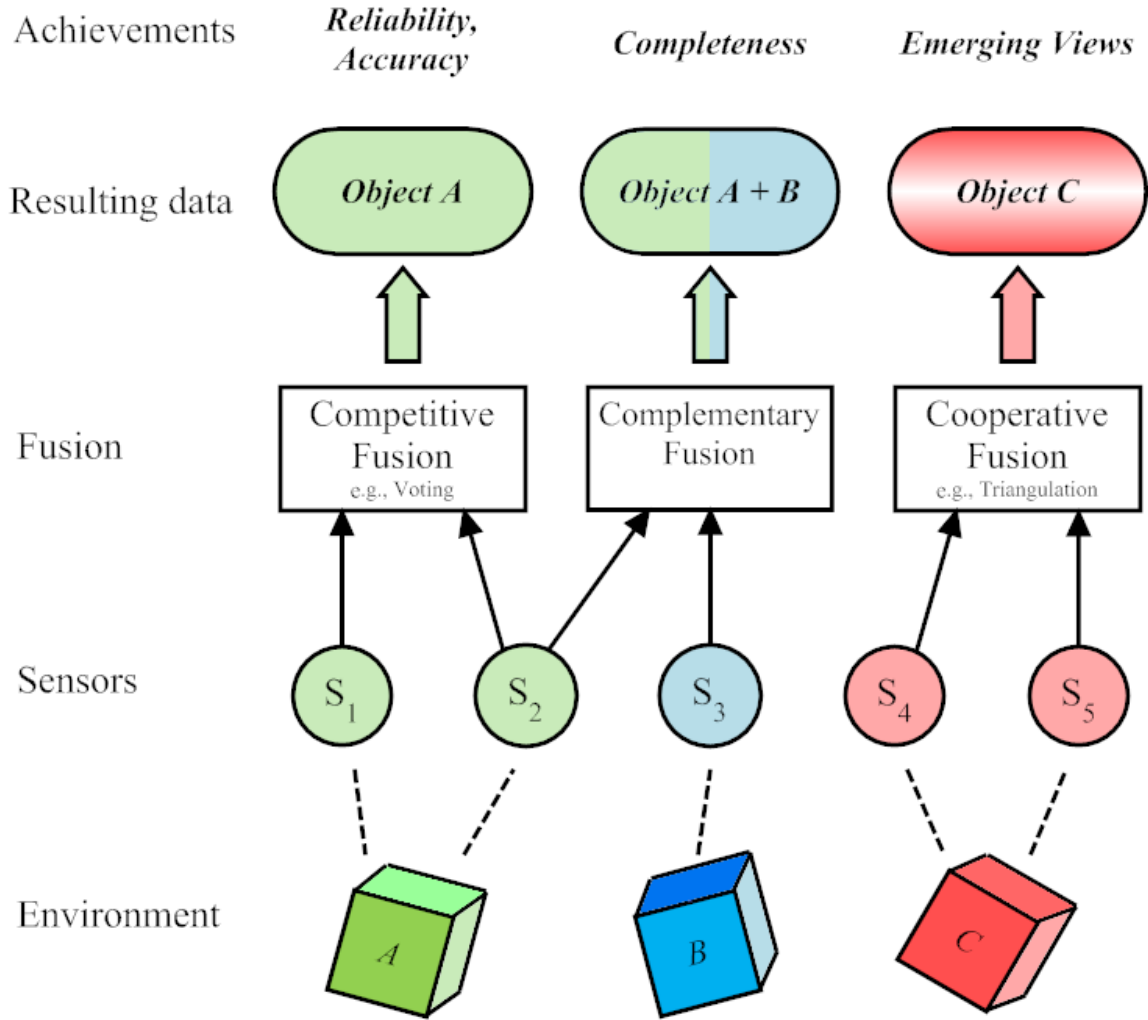


الشكل (12-1) النوع التعاوني في دمج البيانات [1]

يوضح الشكل (13-1) مبادئ الأنواع الثلاثة السابقة، حيث جرى نشر عدد من الحساسات

(s_1, s_2, s_3, s_4, s_5) لقياس غرض ما فكانت النتائج كالتالي [13]

- من أجل نمط الدمج التنافسي: كان الخرج يمثل الغرض A مع تحقيق دقة وموثوقية في نتيجة دمج خرج الحساسين s_1, s_2 فقام الحساسان بقياس السمة نفسها للغرض نفسه مما يؤدي إلى قراءة موثوقة أكثر وأقل عرضة للأخطاء الناتجة عن القياس والارتياح في القياس.
- من أجل نمط الدمج المتمم: كان الخرج يمثل الغرضين A+B نتيجة دمج خرج الحساسين s_2, s_3 ، فإن كلاً منهما يغطي جزءاً مختلفاً عن الآخر في الأغراض المدروسة.
- من أجل نمط الدمج التعاوني: كان الخرج يمثل الغرض C نتيجة دمج خرج الحساسين s_4, s_5 للوسط نفسه ولكن من زوايا مختلفة بحيث تكون نتيجة الدمج صورة أكثر اكتمالاً للغرض المدروس.



الشكل (13-1) أنواع دمج البيانات [13]

في الاستخدام، لا تستبعد الفئات الثلاث السابقة لتكوين نظام دمج، لأنه يمكن استخدام أكثر من نوع من أنواع التكوينات الثلاثة في معظم الحالات من خلال اعتماد النمط الهجين.

5.1 تصنيف آليات دمج البيانات حسب نوع الدخل والخرج

اقترح داساراثي Dasarathy أحد أكثر طرائق تصنيف دمج البيانات شهرة في عام 1997 ويتألف من

المستويات الخمسة الآتية [11]:

1-5-1 المعطيات الداخلة – المعطيات الخارجة (DAI-DAO): Data In-Data Out

هذا هو الشكل الأساسي أو الأدنى من الدمج الذي يمكن تصويره في ظل هذا التسلسل الهرمي ويُشار إلى وضع الدمج هذا لأنه واحد من دمج مدخلات البيانات، وتعدّ الطريقة التي تدمج بها العين البشرية معلومات اللون مثلاً نموذجياً لهذا المستوى من دمج البيانات. ويمكن عدّ نسبة البيانات من مجالات ترددية مختلفة لمساحة ضوئية متعددة الأطياف (طريقة تطبيق شائعة الاستخدام في المعالجة المسبقة للبيانات متعددة المجالات) مثلاً جيداً على هذا النوع من عمليات الدمج.

1-5-2 المعطيات الداخلة- السمات الخارجة (DAI-FEO): Data In-Feature Out

هذه هي الخطوة الثانية في هذا التسلسل الهرمي المكوّن من خمس خطوات. هنا، تدمج البيانات من أجهزة التحسس المختلفة لاستنباط شكل من أشكال سمة الكائن في البيئة أو وصف ظاهرة تحت الملاحظة. جرت الإشارة أيضاً إلى دمج السمات بشكل مختلف على أنه دمج رمزي symbolic fusion، ودمج المعلومات، والدمج في المستوى المتوسط وما إلى ذلك. يمكن النظر إلى الطريقة التي يتحقق بها إدراك العمق عند البشر، بوساطة الجمع بين المعلومات المرئية المكتسبة من العينين، نموذجاً تقليدياً لهذه السمة أو دمج المعلومات. في الواقع، جرى التحقيق في التقنيات القائمة على هذا النوع من النماذج لإدراك الآلة للعمق في الأنظمة الروبوتية. يعدّ النهج التقليدي لحساب درجات حرارة سطح الجسم باستخدام شدة الأشعة تحت الحمراء (IR) Infrared لمساحة ضوئية متعددة الأطياف مثلاً جيداً آخر على وضع معالجة الدمج للبيانات داخل السمة.

1-5-3 السمات الداخلة – السمات الخارجة (FEI-FEO): Feature In-Feature Out

في هذه المرحلة من التسلسل الهرمي، يعدّ كل من المدخلات والمخرجات لعملية الدمج سمات. لذلك عادةً ما يُشار إلى هذا باسم دمج السمات. عادةً ما تدمج السمات المشتقة في ظل سمة، بدلاً من القياسات المحسوسة

إما كميًا، كما في تحسس مساحة سمة متعددة الأبعاد، أو نوعيًا ضمن عملية منطقية قرار إرشادية، أو من خلال مجموعة من هذه المعلومات النوعية والكمية. هذا صحيح بشكل خاص عندما يكون لكل حساس في البيئة مجموعته الخاصة من بنية البيانات المختلفة بشكل فريد والسمات التي يمكن الحصول عليها من أحدهما لا يمكن اشتقاقها من الآخر.

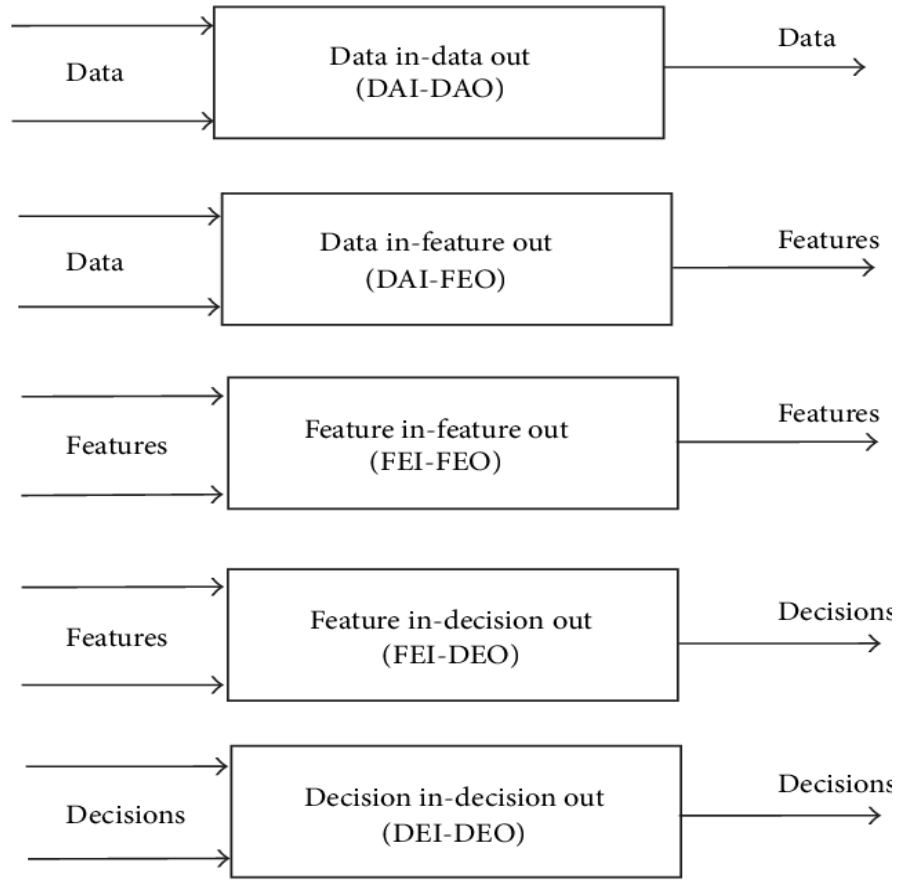
4-5-1 السمات الداخلة – القرارات الخارجة (FEI-DEO): Feature In-Decision Out

ربما يكون هذا أحد أكثر نماذج الدمج شيوعاً في دمج البيانات. هنا المدخلات هي السمات من الحساسات المختلفة ومخرجات عملية الدمج هي قرار مثل التعرف على فئة الهدف. سبقت الإشارة إلى هذا الوضع على أنه إما دمج السمات (أي دمج السمات المدخلة) أو دمج القرار (الدمج ينتج عنه إخراج القرار).

5-5-1 القرارات الداخلة – القرارات الخارجة (DEI-DEO): Decision In-Decision Out

هذا هو آخر التسلسل الهرمي ويشار إليه عموماً باسم دمج القرار. هنا كل من المدخلات والمخرجات هي قرارات، وربما يمثل هذا الوضع نموذج الدمج الأكثر دراسة. هذا قابل للتطبيق عبر مجموعة من الحساسات، اعتماداً على الحساسات المحددة المنتشرة داخل مجموعة الحساسات، قد يكون الدمج مع المدخلات على مستويات البيانات والسمات، أي الدمج في الأوضاع الأربعة السابقة عملياً وقد لا يكون دائماً.

يمكن تصور آلية دمج أخرى هي المعطيات الداخلة – القرارات الخارجة Data In-Decision Out (DAI-DEO) مع مدخلات على مستوى البيانات والمخرجات على مستوى القرار. على الرغم من اختلاف دمج المعطيات الداخلة – القرارات الخارجة عن دمج السمات الداخلة – القرارات الخارجة في مستوى المعالجة المسبقة التي خضعت لها قبل عملية الدمج، إلا أنه يشبهه إلى حد بعيد من وجهة نظر بنية نظام معالجة الدمج. ويقتصر هذا التصنيف الأولي على الأوضاع الأساسية التي يُنظر إليها على أنها لبنات بناء نظام دمج أكثر تعقيداً. ويوضح الشكل (1-14) آليات دمج البيانات بحسب نوع الدخل والخروج.



الشكل (14-1) تصنيف آليات دمج البيانات بحسب نوع الدخل والخرج [1]

6.1 أنواع عملية دمج البيانات بحسب التطبيق لعملية الدمج

قدم تصنيف دمج البيانات بحسب التطبيق Technique for Data Fusion لعملية الدمج (الجانب الذي

تجرى عليه عملية الدمج) من قبل بودجيما وفوربس واحتوى التصنيف على الآتي [12]:

1.6.1 دمج الحساسات:

في هذا النوع تقوم مجموعة من الحساسات بقياس قيمة واحدة، كقيام مجموعة من الحساسات بقياس

درجة حرارة الجسم نفسه.

2.6.1 دمج الخصائص:

في هذه الحالة تقوم الحساسات بقياس خصائص Attributes مختلفة للغرض نفسه كأن يقاس التسارع والسرعة والزوايا لمعرفة التوجه بالنسبة لجملة مرجعية.

3.6.1 دمج المجالات:

تستخدم مجموعة من الحساسات للقيام بقياس الظاهرة الفيزيائية نفسها ولكن على مجالات Domains مختلفة كاستخدام مقاييس حرارة متعددة المجالات للإعطاء قراءة دقيقة لدرجة الحرارة في المجالات المختلفة.

4.6.1 دمج الزمن:

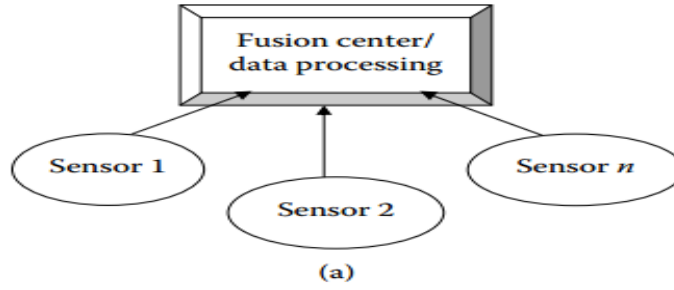
تؤخذ نتيجة معينة وتدمج مع نتيجة لاحقة للحصول على المعلومة الصحيحة، مثل عمليات المعايرة التي تجري في بداية القياس وتستخدم نتائجها في جميع القياسات اللاحقة.

7.1 بنیان الدمج Fusion Architectures

تتضمن عملية دمج بيانات الحساسات المتعددة تكامل الحساسات وإعداد البيانات المحصلة وتقييمها بمستوى عالٍ في المعالجة واتخاذ القرار. وتتطلب هذه العملية ترتيباً محدداً للحساسات ولأنظمة تحصيل بيانات الحساسات. بشكل رئيسي هناك ثلاثة أنماط من البنى وهي كالآتي [32] :

1.7.1 بنیان الدمج المركزي Centralized Fusion:

تستخدم بشكل رئيسي في الحساسات المتماثلة وتتضمن التزامن الزمني time-synchronization في التحصيل من الحساسات المتماثلة، وتحويل قراءة الحساس من الواحدات الافتراضية لقراء الحساس إلى وحدات ملائمة للمعالجة المركزية. يستند القرار في هذه البنية إلى أقصى قدر ممكن من المعلومات التي تجمع من الحساسات. كما هو مبين في الشكل (1-15).

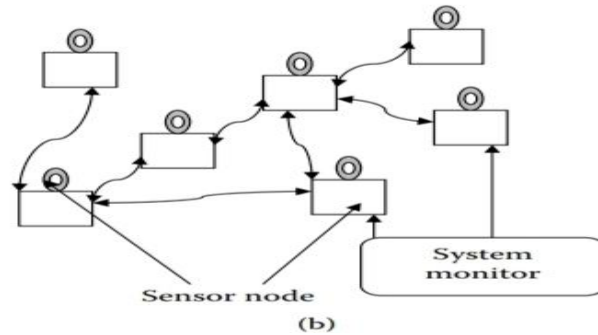


الشكل (15-1) البنية المركزية [1]

2.7.1 بنية الدمج الموزع Distributed Fusion:

يجري بشكل رئيسي اعتماد هذا النمط من أجل الحساسات غير المتماثلة ذات مجالات تحسس مختلفة مثل الرادار وحساسات الأشعة تحت الحمراء ولكن من الممكن استخدام حساسات متماثلة في هذه البنية. تعالج في هذه البنية البيانات المحصلة من كل حساس بواسطة مرشحات كالمن إفرادياً، أو بواسطة مرشح كالمن الموسع extended KF، كما تعالج محلياً في كل عقدة. كما أن للبنية لا يوجد دمج مركزي في هذه البنية مما يجعلها مفيدة للبنية الكبيرة المرنة والذكية كما في أنظمة مراقبة سلامة الطائرات والمصانع الآلية الضخمة، وأنظمة التحسس النووية الكبيرة. وتسمى هذه البنية أيضاً بالدمج التقديري (EF) Estimation في تطبيقات تتبع الهدف. كما يظهر في

الشكل (16-1)

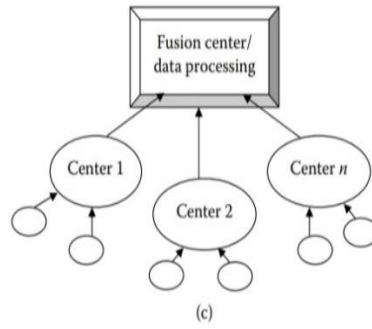


الشكل (16-1) بنية الدمج الموزع [1]

3.7.1 بنیان الدمج الهجينHybrid Fusion:

تتضمن هذه البنية كما هو موضح في الشكل (1-17) كلاً من بنیان الدمج المركزي والموزعة وذلك استناداً إلى التشكيلة المطلوبة من الحساسات. في أثناء عمليات الدمج العادية، يُستخدم الدمج الموزع لتقليل عبء العمل الحسابي ومتطلبات الاتصالات ومع ذلك، في ظل ظروف محددة عندما تكون زيادة الدقة مطلوبة أو عندما تكون بيئة التتبع كثيفة يمكن استخدام الدمج المركزي. هذه البنية مناسبة جداً

لنظام معالجة البيانات والدمج في مجال الطيران.



الشكل (1-17) بنیان الدمج الهجين [1]

8.1 طرائق دمج البيانات Data Fusion Methods

إن طرائق دمج البيانات الأكثر استخداماً في مجال الروبوتات تكون في مجالات الإحصاء والتقدير والتحكم. وإن تطبيق هذه الأساليب في الروبوتات له عدد من الميزات والتحديات الفريدة بهدف أن يكون الروبوت مستقلاً تماماً، لذا يجب تقديم النتائج وتفسيرها في شكل يمكن بواسطته اتخاذ قرارات مستقلة من أجل التعرف على البيئة المحيطة أو الحركة على سبيل المثال [29].

في هذا القسم نستعرض طرائق دمج البيانات الرئيسية المستخدمة في الروبوتات. غالباً ما تستند هذه الطرائق إلى الأساليب الاحتمالية، التي تعدّ بالفعل الآن النهج القياسي لدمج البيانات في جميع تطبيقات الروبوتات. تعتمد طرائق دمج البيانات الاحتمالية بشكل عام على قاعدة بايز للربط بين المعلومات السابقة والمعلومات المتعلقة بالمراقبة. من الناحية العملية، يمكن تنفيذ ذلك بعدة طرائق: من خلال استخدام مرشحات كالمان

ومرشحات كالمن الموسعة ، أو بوساطة طرائق مونت كارلو المتسلسلة بتوظيفها في كثافة فرضية الاحتمال
.The Probability Hypothesis Density(PHD)

1.8.1 قاعدة بايز Bayes' Rule:

تكمن قاعدة بايز في صميم معظم طرائق دمج البيانات عامة فتوفر قاعدة بايز وسيلة لعمل
استنتاجات حول غرض أو بيئة موصوفة بواسطة الحالة x مع مراعاة الملاحظة z .
تتطلب قاعدة بايز أن يجري ترميز العلاقة بين x و z بوصفه احتمالاً مشتركاً أو توزيعاً احتمالياً مشتركاً
للعلاقات المنفصلة والمستمرة على التوالي. يمكن استخدام قاعدة سلسلة الاحتمالات الشرطية لتوسيع احتمال
مشترك بطريقتين. كما هو موضح في العلاقة (1-1)[29].

$$P(x, z) = P(x|z)P(z) = P(z|x)P(x) \quad (1-1)$$

بإعادة ترتيب الشروط نحصل على قاعدة بايز، كما هو موضح في العلاقة (2-1)[29].

$$P(x|z) = \frac{P(z|x)P(x)}{P(z)} \quad (2-1)$$

تكمن قيمة هذه النتيجة في تفسير الاحتمالات $P(x|z)$ و $P(z|x)$ و $P(x)$. على افتراض أنه من
الضروري تحديد الاحتمالات المختلفة للقيم المختلفة لحالة غير معروفة x . قد تكون هناك معتقدات مسبقة
حول قيم x التي يمكن توقعها و مشفرة في شكل احتمالات نسبية في الاحتمال السابق $P(x)$. للحصول
على مزيد من المعلومات حول الحالة x تسجل ملاحظة z . جرى نمذجة هذه الملاحظات في شكل احتمال
مشروط $P(z|x)$ الذي يصف، لكل حالة ثابتة x ، احتمال إجراء الملاحظة z ، واحتمال z معطى x . تُحسب
الاحتمالات الجديدة المرتبطة بالحالة x من نتائج المعلومات السابقة الأصلية والمعلومات المكتسبة بواسطة
الملاحظة. يرمز هذا في الاحتمال اللاحق $P(x|z)$ الذي يصف الاحتمالات المرتبطة بالحالة x بالنظر

إلى الملاحظة z . في عملية الدمج، يأخذ $P(z)$ الموضح في العلاقة (3-1) احتمالية وقوع الحدث z أثراً مهماً في التحقق من صحة النموذج أو ارتباط البيانات لأنه يوفر مقياساً لمدى جودة توقع الملاحظة بالاعتماد على القياسات الملاحظات السابقة و تكمن قيمة قاعدة بايز في أنها توفر وسيلة للجمع بين المعلومات المرصودة والمعتقدات السابقة حول حالة الغرض أو البيئة المحيطة.

$$P(z) = \int P(z | x) P(x) \quad (3-1)$$

2.8.1 مرشح كالمن Kalman Filter:

هو أكثر تقنيات تقدير الحالة شيوعاً State Estimation Methods . تم اقتراحه في الأصل من قبل كالمن [28] وتمت دراسته وتطبيقه على نطاق واسع منذ ذلك الحين. يقدر مرشح كالمن حالة عملية زمنية منفصلة يحكمها نموذج الزمان-المكان space-time كما هو موضح في العلاقة (4-1) [28]:

$$x(k+1) = \Phi(k)x(k) + G(k)u(k) + w(k) \quad (4-1)$$

مع الملاحظات أو القياسات z عند الزمن k للحالة x التي تعرف بالعلاقة (5-1)

$$z(k) = H(k)x(k) + v(k) \quad (5-1)$$

حيث $\Phi(k)$ مصفوفة انتقال الحالة، $G(k)$ انتقال مصفوفة الإدخال Input Matrix Transition، $u(k)$ متجه الإدخال Input Vector، $H(k)$ مصفوفة القياس؛ و v, w متغيرات غاوس عشوائية، و $R(k)$ مصفوف تباين Covariance Matrix، و $Q(k)$ مصفوفة متوسط صفريية Zero Mean Matrix. بناءً على القياسات وبارامترات النظام يكون التقدير $x(k)$ estimation الذي يتم تمثيله بواسطة $\hat{x}(k)$ والتنبؤ $x(k+1)$ والذي يعبر عنه $\hat{x}(k+1|k)$ ، يعطى التقدير للحالة x كما هو موضح في العلاقة (6-1) [28].

$$\begin{aligned}\hat{x}(k) &= \hat{x}(k | k+1) + K(k) [z(k) - H(k) \hat{x}(k | k-1)] \\ \hat{x}(k+1 | k) &= \Phi(k) \hat{x}(k | k) + G(k) u(k)\end{aligned}\quad (6-1)$$

وبالترتيب يحسب كسب المرشح من العلاقة (7-1)

$$\begin{aligned}K(k) &= P(k | k-1) H^T(k) \\ &\times [H(k) P(k | k-1) H^T(k) + R(k)]^{-1}\end{aligned}\quad (7-1)$$

حيث أن $P(k|k-1)$ هي مصفوفة التباين للتنبؤ Prediction Covariance Matrix التي تتحدد بواسطة العلاقة (8-1) مع العلاقة (9-1) [28].

$$P(k+1 | k) = \Phi(k) P(k) \Phi^T(k) + Q(k) \quad (8-1)$$

$$P(k) = P(k | k-1) - K(k) H(k) P(k | k-1) \quad (9-1)$$

يحتوي مرشح كالمن على عدد من الميزات التي تجعله مناسباً بشكل مثالي للتعامل مع التقدير متعدد الحساسات المعقدة ومشكلات دمج البيانات. ويسمح الوصف الصريح للعملية والملاحظات بإدراج مجموعة متنوعة من نماذج التحسس المختلفة في الخوارزمية الأساسية. فضلاً عن ذلك فإن الاستخدام الملائم للمقاييس الإحصائية للارتياح يجعل من الممكن إجراء تقييم كمي للأثر الذي يؤديه كل حساس في أداء النظام عامة. كما تضمن الطبيعة العودية الخطية للخوارزمية أن يكون تطبيقها بسيطاً وفعالاً. لهذه الأسباب وجد مرشح كالمن تطبيقاً واسع النطاق في كثير من مشاكل دمج البيانات المختلفة. في علم الروبوتات يكون مرشح كالمن أكثر ملاءمة لمشاكل التنبع والحركة. هذا لأن الخوارزمية تعمل بشكل أفضل مع أوصاف حالة محددة جيداً (المواضع والسرعات) [28].

3.8.1 طرائق مونت كارلو التتابعية Sequential Monte Carlo:

جرى استخدام طرائق مونت كارلو لترشيح التتابعات الزمنية time series، تم استخدامها كمرشح كثافة

لفرضية الاحتمال The Probability Hypothesis Density (PHD)، حيث تفسر الجسيمات particle

التنبؤ مع تحديث العوامل operators، والتي ستكون متبوعة بالخوارزمية كاملة [31].

- عامل التنبؤ The prediction operator

فُرض أنه في الخطوة الزمنية $k - 1$ ، لدينا دالة α_{k-1} الموضحة في العلاقة (10-1) [31] التي

تتميز (تماماً) بمجموعة الجسيمات والأوزان كما موضح في العلاقة (11-1) [31].

حيث تعبر δ_x عن الكثافة ويمكن أن تشير إلى دالة ديراك Dirac المتمركزة عند x .

$$\alpha_{k-1}(x) = \sum_{i=1}^{L_{k-1}} w_{k-1}^{(i)} \delta_{x_{k-1}^{(i)}}(x) \quad (10-1)$$

تعبر w, x عن الجسيمات والأوزان على التوالي .

$$\{w_{k-1}^{(i)}, x_{k-1}^{(i)}\}_{i=1}^{L_{k-1}} \quad (11-1)$$

تُستخدم الرموز تبادلياً في العلاقة (10-1) مع العلاقة (11-1) مع العلاقة (12-1) للحصول على

العلاقة (13-1) [31].

$\Phi_{k|k-1}$ في العلاقة (12-1) تعبر عن عوامل التنبؤ prediction operators.

$$(\Phi_{k|k-1}\alpha)(x) = \int \phi_{k|k-1}(x, \xi) \alpha(\xi) \lambda(d\xi) + \gamma_k(x) \quad (12-1)$$

ξ تعبر عن الحالة السابقة previous state.

λ_k تشير إلى متوسط عدد نقاط ضجيج بواسون لكل عملية مسح Poisson clutter points per scan.

γ_k تشير إلى التوليد التلقائي للحالات العشوائية المنتهية (RFS). Random Finite State

$$\begin{aligned} (\Phi_{k|k-1} \alpha_{k-1})(x_k) &= \int \phi_{k|k-1}(x_k, \xi) \alpha_{k-1}(\xi) \lambda(d\xi) \\ &+ \gamma_k(x_k) \\ &= \sum_{i=1}^{L_{k-1}} w_{k-1}^{(i)} \phi_k(x_k, x_{k-1}^{(i)}) + \gamma_k(x_k) \end{aligned} \quad (13-1)$$

للحصول على التقدير التقريبي approximation للجسيمات particle لعوامل التنبؤ المتعلقة بدالة

الجسيمات والأوزان $\Phi_{k|k-1} \alpha_{k-1}$ تجرى بواسطة تطبيق أخذ العينات الجزئي لكل فترة term .

-عامل التحديث update operator

من أجل تحديث خطوة العودية، يجري افتراض أن دالة التنبؤ الموجودة في العلاقة (14-1) تصبح بعد

تخصيص الدالة α_{k-1} بالأوزان والجسيمات المحدثة كما في العلاقة (15-1) [31]، حيث L_{k-1} ، J_k عينات مرتبطة بعملية أخذ العينات.

$$(\Psi_k \alpha_{k|k-1})(x) = \sum_{i=1}^{L_{k-1} + J_k} w_k^{(i)} \delta_{x_k^{(i)}}(x) \quad (14-1)$$

$$w_k^{(i)} = \left[v(x^{(i)}) + \sum_{z \in Z_k} \frac{\psi_{k,z}(x_k^{(i)})}{\kappa_k(z) + C_k(z)} \right] w_{k|k-1}^{(i)} \quad (15-1)$$

حيث C_k تعبر عن كثافة احتمال الضجيج clutter probability density وفق العلاقة (16-1).

ψ_k تعبر عن جداء احتمالية الاكتشاف p_D probability of detection مع احتمالية الأهداف الفردية likelihood of individual targets $g_k(z|x)$ كما هو موضح في العلاقة (17-1)[31].

$$C_k(z) = \sum_{j=1}^{L_{k-1}+J_k} \psi_{k,z}(x_k^{(j)}) w_{k|k-1}^{(j)} \quad (16-1)$$

$$\psi_{k,z}(x) = p_D(x) g_k(z|x) \quad (17-1)$$

حيث يجري تمثيل الحالة متعددة الأهداف والقياس متعدد الأهداف في الوقت k بشكل طبيعي كمجموعات محدودة X_k و Z_k كالآتي

$Z_k = \{z_{k,1} \dots, z_{k,N(k)}\} \subseteq E_o$ وتكون $N(k)$ ملاحظات عند $z_{k,1} \dots, z_{k,N(k)}$ ، وقد تكون بسبب الضجيج.

$X_k = \{x_{k,1}, \dots, x_{k,M(k)}\} \subseteq E_s$ وتكون $M(k)$ الأهداف الموجودة عند $x_{k,1}, \dots, x_{k,M(k)}$

حيث تعبر E_s عن مساحة الفضاء space state، E_o تعبر عن فضاء المراقبة observation space.

تعدّ طريقة مونت كارلو التتابعية هي محاكاة لمعادلات Bayes العودية باستخدام قيم دعم العينة والأوزان لوصف توزيعات الاحتمالية الأساسية حيث تكون مناسبة تمامًا للمشكلات التي تكون فيها نماذج انتقال الحالة ونماذج المراقبة غير خطية إلى حد كبير. وذلك لأن الطرائق القائمة على العينة يمكن أن تمثل كثافات احتمالية عامة جدًا

جرى في هذا الفصل شرح أهم نماذج دمج البيانات ومقارنتها والبنيان وتصنيفها.

الفصل الثاني

الحساسات والحواسيب وحيدة اللوحة

**Sensors and Single–Board
Computers**

1.2 الحساس The sensor

هو العنصر الفيزيائي القادر على تحسس خصائص البيئة وصفاتها وسماتها، مثل الحرارة والتيار والصورة والصوت وغيرها، وحتى يكون الحساس مفيداً يجب عليه أن يحول القيمة أو السمة الى قياسات كمية بوسائل ثابتة وقابلة للمعالجة والتحصيل. من أهم الوظائف الإضافية التي تؤديها الحساسات وهي [29] :

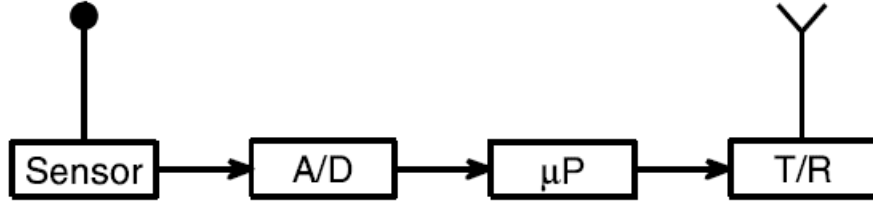
- التعويض Compensation: ويعبر عن قدرة الحساس على الكشف والاستجابة للتغيرات في البيئة ، بواسطة التشخيص الذاتي، و المعايرة الذاتية والتكيف .
- معالجة المعلومات: ويشير إلى عملية تكيف الإشارة، وتخفيض البيانات، واكتشاف الأحداث واتخاذ القرار، والذي بدوره يحسن من محتوى المعلومات للقياسات الخام للحساس.
- الاتصال: يشير إلى الواجهة المعيارية وبروتوكولات الاتصال المعيارية من أجل عملية إرسال البيانات بين الحساس والبيئة المحيطة.
- التكامل: يشير إلى عملية المعالجة الحسابية والتحسس على شريحة السيليكون نفسها، عادة تجري هذه العملية بواسطة تقانة الأنظمة الإلكترونية ميكانيكي الصغيرة Microelectro-Mechanical System (MEMS) [29] .

2.2 أنواع الحساسات Sensor Type

1.2.2 الحساس الذكي Smart Sensor:

هو جهاز يحتوي على العتاديات والبرمجيات ضمن وحدة صغيرة مضغوطة كما هو معيّن في الشكل (1-2) والتي تحتوي على: عنصر الحساس، ومتحكم صغير ومتحكم الاتصال فضلاً عن برنامج مرتبط من أجل عملية تكيف الإشارة، والمعايرة، والاختبار التشخيصي والاتصال. تعمل الحساسات الذكية على

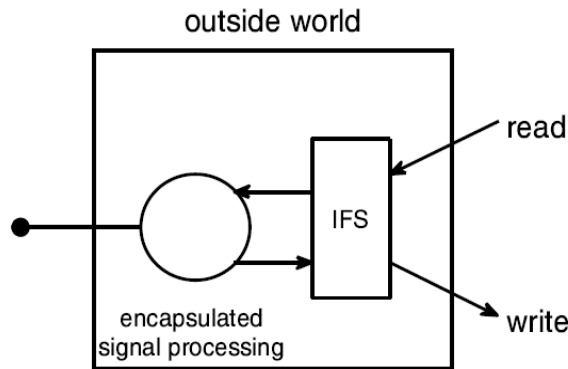
تحويل إشارات الحساس الخام إلى شكلها الرقمي المعياري كما تقوم بفحص الإشارة ومعايرتها ثم تقوم بإرسال الإشارة الرقمية إلى العالم الخارجي بوساطة واجهات معيارية باستخدام بروتوكولات الاتصال المعيارية.



الشكل (1-2) الحساس الذكي [29]

يقيس عنصر الحساس السمة الفيزيائية، ثم تمر الإشارة عبر محول رقمي/تماثلي، ثم عبر وحدة المعالجة حيث تخزن ضمنه الإشارة مؤقتاً قبل أن تُنقل عبر وحدة الإرسال/الاستقبال. يمكن للحساس الذكي أن يستقبل التعليمات بوساطة وحدة الاستقبال/الإرسال.

إن عملية نقل المعلومات بين الحساس الذكي والعالم الخارجي تجري عبر قراءة (وكتابة) المعلومات من (وإلى) نظام ملفات الواجهة (IFS) Interface File System الذي يعمل على تغليف الإشارات في الحساس الذكي كما يظهر في الشكل (2-2).



الشكل (2-2) واجهة ملف النظام [29]

2.2.2 الحساس المنطقي Logical Sensor

هو أي جهاز يعدّ مصدراً أو منبعاً للمعلومات المعبرة عن قيمة ما مقاسة من الوسط الخارجي ويكون خرج هذا الحساس إشارة تماثلية قيمتها تعبر عن قيمة قراءة الحساس، وتنقل هذه الإشارة التماثلية إلى مبدل تماثلي رقمي ADC أو استخدامها مباشرة مدخلاً لمرحلة أخرى في النظام. وأشهر هذه الحساسات هي المقاومات المتغيرة تبعاً لدرجة الحرارة أو المقاومات المتغيرة بحسب الجهد المطبق على الحساس وغيرها.

3.2 نمذجة الحساس وإدارته وتجميع المعلومات Sensor modeling

أدت التطورات الحديثة في الإلكترونيات وعلوم الحاسوب والهندسة والبصريات إلى زيادة هائلة في أنواع الحساسات المتاحة للاستخدام في الأنظمة المستقلة. ويجب أن تكون الأنظمة الآلية قادرة على التفاعل مع التغيرات في بيئتها لتكون فعالة، لذا يجب أن تعتمد هذه الأنظمة على أجهزة التحسس للحصول على معلومات حول بيئتها.

توفر الحساسات واجهات يمكن الاعتماد عليها بين الواقع غير المحدد مع الحاسوب المزود بنظام تحصيل البيانات.

ويمكن لأجهزة التحسس التعامل مع البيانات فقط عندما تكون ضمن حدود محددة، وتقدم بتنسيق دقيق لسهولة الفهم والتفسير. غالباً ما تكون الحساسات معقدة وقد يكون لها دقة وموثوقية محدودة.

تسمى الحساسات التي تتألف من حساس محدد أحادي single concrete sensor حساسات بسيطة simple sensors، وتسمى الحساسات المكونة من عدة حساسات محددة أحادية تحسس بالحساسات اللاسلكية الشبكية (WSNs) Wireless Sensors Network، وتتشأ من كثير من الحساسات البسيطة. ويمكن بعد عملية الدمج معالجة البيانات من حساس الشبكة اللاسلكية كما لو كانت

البيانات قد نشأت من جهاز حساس بسيط. يمكن أن تحتوي أجهزة التحسس على كثير من المستويات المختلفة من التعقيد والبنى والتكوينات، ويكون لهذه البنى متطلبات مختلفة للاتصالات ونقل البيانات [1].

4.2 تصنيف أجهزة التحسس حسب نشاطها Sensing Classification Devices

يمكن تقسيم أجهزة التحسس حسب نشاطها بشكل رئيسي إلى [1]:

1.4.2 أجهزة تحسس نشطة:

التي تقوم بإرسال أنواع مختلفة من الإشارات في بيئاتها ثم تقيس تفاعل الإشارة مع البيئة مثل الرادار، والسونار، وحساس الأشعة تحت الحمراء و تتطلب هذه الحساسات مصادر طاقة خارجية للعمل. وتكون الإشارة التي تقاس هي الإشارة المعدلة بواسطة الحساس لإنتاج إشارة خرج. وتسمى هذه الحساسات أيضاً حساسات بارامترية parametric-sensors كما يمكن أن تتغير خصائص الحساس استجابةً للإشارة الخارجية.

2.4.2 أجهزة تحسس غير نشطة:

وهي تحتفظ بالطاقة أو الإشارات الموجودة بالفعل في البيئة المقاسة مثل موازين الحرارة وكاميرات الفيديو وفيها يجري تحويل الطاقة المدخلة بواسطة الحساس إلى طاقة خرج دون الحاجة إلى مصدر طاقة إضافي أو إلى حقن الطاقة في الحساس، على سبيل المثال، المزودة الحرارية والحساس الكهروضغطي والكاشف الكهربائي الحراري.

5.2 تقنية التحسس

هناك نوعان رئيسيان من تقنيات التحسس: حساسات الحالة الداخلية (ISSs) Internal State Sensors

وحساسات الحالة الملاحية الخارجية (ENSS) External Navigational State Sensors.

1.5.2 حساسات الحالة الداخلية (ISSs): Internal State Sensors

تقيس حساسات الحالة الداخلية الحالات الداخلية للنظام، وعلى سبيل المثال في حالة الروبوت تسجل السرعة والموقع والتسارع والتيار والجهد ودرجة الحرارة والضغط والتوازن وما إلى ذلك فيمكن مراقبة الثبات الديناميكي للروبوت والحفاظ عليه، ويمكن الكشف عن حالات الإخفاق المحتملة وتجنبها. ومن أجهزة التحسس هذه أجهزة قياس الجهد وأجهزة قياس سرعة الدوران وأجهزة قياس التسارع.

هذه الحساسات البينية interoceptive-sensors تخبر الجسم بحالته الخاصة وترتبط بشكل رئيسي بمشاكل التشخيص الداخلي واكتشاف الأعطال. يجري وصف نوعين من حساسات الحالة الداخلية[1]:

1.1.5.2 حساسات حالة بالتماس (CSSs): Contact-state sensors

تتضمن الاتصال المادي المباشر مع العنصر المدروس مثل أجهزة اللمس والقوة وأجهزة قياس الجهد. تكون عادة كلفتها قليلة، ولديها استجابة سريعة وسهلة البناء والتشغيل.

2.1.5.2 حساسات حالة عديمة التماس (NCSSs): Non-Contact State Sensors

ومنها البوصلات مقاييس التسارع، والجيروسكوبات وهي أجهزة كهروميكانيكية دوارة تقيس معلومات الموضع الزاوي عادة ما تكون هذه الأجهزة كبيرة وثقيلة.

2.5.2 حساسات الحالة الملاحة الخارجية (ENSS): External Navigational

:State Sensors

تراقب حساسات الحالة الملاحة الخارجي ديناميكيات الأنظمة وهندستها فيما يتعلق بمهامها وبيئتها مثل حساسات القرب ومقاييس الضغط، والسونار (حساس المجال فوق الصوتي) وحساسات الضغط. وتقيس الحساسات الملاحة الخارجية الميزات البيئية مثل محتويات المجال المحيط واللون حجم الغرفة وشكل الكائن؛ وتستخدم لاكتشاف التغيرات في البيئة[1].

6.2 الحساسات المستخدمة في هذا البحث Used Sensors

في مجال بحثنا اعتمدنا ستة حساسات وهي: حساسا قياس لدرجة الحرارة، وحساس للنبض، وحساس للأوكسجة، وحساس لقياس تدفق الهواء، وحساس لقياس سرعة العنصر المدروس.

نبيّن فيما يأتي شرحاً لآلية قياس أهم المعاملات الحيوية للإنسان

1.6.2 قياس درجة الحرارة:

تكون عادةً درجة حرارة الجسم الطبيعية هي درجة حرارة الفم (37 درجة مئوية)، وهذه القيمة هي متوسط درجات حرارة الجسم الطبيعية. تتغير درجة الحرارة العادية بمقدار (0.6 درجة مئوية) أثناء اليوم، اعتماداً على مدى النشاط والوقت من اليوم. يجب الحفاظ على هذا النطاق الضيق لدرجة الحرارة الداخلية للجسم للوصول إلى أقصى كفاءة للجسم ولتحسين إمداد جميع الأعضاء، ويمكن للجسم تحمل درجات الحرارة المحيطية في نطاق واسع فيتفاعل الجسم بشدة مع انحرافات درجة الحرارة وتؤدي زيادة درجة الحرارة إلى انخفاض قوي في الأداء العقلي والجسدي [34]. كما يمكن أن يؤدي انخفاض حرارة الجسم إلى ضعف الوعي أو في الحالات القصوى إلى انهيار الدورة الدموية، لذا، من الضروري مراقبة درجة الحرارة الأساسية والتحكم فيها في مثل هذه الحالات حرصاً على أداء أفضل للعاملين، أو في حالات الجراحة وما بعد الجراحة بهدف تحسين حالة المرضى ومراقبة وضعهم بشكل أفضل. وتعتمد دقة قياس درجة حرارة الجسم على اختيار موقع مناسب لإجراء القياس واستخدام الحساس المناسب. تعدّ تجاوزيف الجسم القريبة من الأوعية الدموية الرئيسية مواقع نقاط القياس المثالية وهي: الفم والمستقيم وتحت الإبط وطبلة الأذن، وهي توفر أكبر قدر ممكن من الدقة في القياس [19].

آلية قياس درجة الحرارة عن طريق الجبهة:

يُستخدم بها حساسا حرارة وتقاس درجة الحرارة باستخدام حساسات الأشعة تحت الحمراء ويمكن الحصول على نتيجة قياس دقيقة لأن الجبهة قريبة من الأوعية الدموية الرئيسية. ويُنظر إلى طريقة قياس

درجة حرارة الجسم هذه على أنها الأقل إزعاجاً. ويحدد حساس الأشعة تحت الحمراء الأولى أعلى قيمة قيست، في الوقت نفسه يقيس حساس ثانٍ درجة الحرارة المحيطة، يحدد مقياس الحرارة على الجبهة الفرق بين القيمتين ويعطي درجة حرارة الجسم [22].

يجب مراعاة بعض النقاط الأساسية عند إجراء القياس بهذه الطريقة كأن يجري القياس بعيداً عن أشعة الشمس المباشرة وأن تتراوح درجة الحرارة المحيطية بين 16° و 40° درجة مئوية، وأن يوضع الجهاز في الجو المحيط لمدة 30 دقيقة مع إجراء معايرة في هذا الجو لإعطاء أفضل النتائج الممكنة وأكثرها دقة. عادةً ما تكون درجة الحرارة المقاسة بهذه الطريقة أقل بمقدار 0.3 إلى 0.6 عن درجة حرارة الفم، ولعلّ الحساس ذو الطراز MAX30205 المطور من قبل شركة ماكسيمينغريدت Maximintegrated يمكن استخدامه كحساس حرارة للتشخيصات الطبية [36].

2.6.2 قياس النبض:

نبض الإنسان هو تذبذب إيقاعي للأوعية تتوافق مع تقلصات القلب وهو من أهم المؤشرات التي تساعد على تتبع حالة القلب وملاحظة تسارع النبض وتباطؤه. يمكن الحكم على حالة عضلة القلب، ويمكن تمييز النبض بقوة ضربات القلب وإيقاعها وحالة الأوعية التي يتدفق الدم من خلالها. معدل النبض لدينا هو عدد ضربات القلب في الدقيقة ويجب أن يكون معدل ضربات القلب الطبيعي في أثناء الراحة من 60 إلى 100 نبضة في الدقيقة، ولكن يمكن أن يختلف من دقيقة إلى دقيقة ويختلف النبض من شخص لآخر. ويمكن أن تصل إلى 130-150 نبضة أو أعلى في الدقيقة عند ممارسة الرياضة - وهذا أمر طبيعي لأن الجسم يحتاج إلى ضخ المزيد من الدم الغني بالأكسجين حول الجسم [15].

1.2.6.2 المناطق الشائعة لتحسس نبض القلب:

- الشريان الكعبري Radial Artery : عند الرسغ، هو الأكثر استخداماً في ملامسة معدل النبض، لأنه يسهل الوصول إليه ويمكن أن يضغط على عظم الكعبرة.
- الشريان الصدغي السطحي Superficial Temporal Artery في المنطقة الصدغية.
- الشريان السباتي الخارجي External Carotid Artery في الرقبة.
- الشريان تحت الترقوة Subclavian Artery خلف النهاية الداخلية للترقوة مقابل الضلع الأول [20].

2.2.6.2 معايير النبض الطبيعية للشخص البالغ:

تكون معدل ضربات القلب الطبيعي عند البالغين (60-100 نبضة / دقيقة)، لكن في حالة وجود تسرع في القلب سيكون النبض أعلى من 100 نبضة / دقيقة، وفي حال بطء القلب يكون معدل النبض أقل من 60 نبضة / دقيقة. يبين الجدول (1-2) معدل النبض بالنسبة للأطفال دون سن 12 عام.

الجدول (1-2) معدل النبض بالنسبة للأطفال دون سن 12 عاماً [20]

العمر	المجال	المتوسط
حديث الولادة - 1 شهر	160-120	140
1 شهر - 12 شهر	140-80	120
12 شهر - 2 سنتين	130-80	110
2 سنتين - 6 سنين	120-75	100
6 سنين - 12 سنة	110-75	95

3.2.6.2 عوامل زيادة النبض:

من عوامل زيادة النبض المهمة: الآلام والتوتر والتمارين الرياضية والنزيف والحمى، كما ينخفض نبض الشخص مع الازدياد بالعمر.

4.2.6.2 آليات قياس النبض:

تعرف موجة النبض pulse wave: على أنها التغير في حجم الوعاء الدموي الذي يحدث عندما يضخ القلب الدم. وحساس النبض هو الكاشف الذي يراقب هذا التغير في الحجم. هناك أربع طرائق رئيسية لقياس معدل ضربات القلب: التخطيط الكهربائي للقلب، وموجة النبض الكهروضوئية، وقياس ضغط الدم، وتخطيط الصوت [20]. تصنف حساسات النبض التي تستخدم طريقة الموجة النبضية الكهروضوئية إلى نوعين اعتماداً على طريقة القياس: الإرسال والانعكاس .

- يقوم النوع الأول (الإرسال) بإرسال موجات النبض عن طريق إصدار ضوء أحمر أو الأشعة تحت الحمراء من سطح الجسم واكتشاف التغير في تدفق الدم في دقات القلب كتغير في كمية الضوء التي تنتقل عبر الجسم، تقتصر هذه الطريقة على المناطق التي يمكن للضوء اختراقها بسهولة، مثل طرف الإصبع أو شحمة الأذن.

- في النوع الثاني (الانعكاس) تقوم حساسات النبض من نوع الانعكاس بإرسال الأشعة تحت الحمراء أو الحمراء أو الضوء الأخضر (~ 550 نانومتر) باتجاه الجسم وتقيس كمية الضوء المنعكس باستخدام الثنائي الضوئي photodiode أو الترانزستور الضوئي phototransistor. يتميز الهيموغلوبين المؤكسج الموجود في دم الشرايين بامتصاص الضوء الساقط لذلك لقياس معدل تدفق الدم (التغير في حجم الأوعية الدموية) الذي يتغير بعد انقباضات القلب بمرور الوقت، يمكن قياس

إشارة موجة النبض. ونظراً لأنه يقاس الضوء المنعكس، ليس ثمة قيود على القياس كما هو الحال مع حساسات النبض من نوع الإرسال.

يمكن أن يتأثر قياس موجة النبض باستخدام الضوء الأحمر أو الأشعة تحت الحمراء بالأشعة تحت الحمراء الموجودة في ضوء الشمس مما يمنع التشغيل المستقر. لهذا السبب، يوصى بالاستخدام في الأماكن المغلقة أو شبه الداخلية. وبالنسبة لقياس موجة النبض في الهواء الطلق (كما في الساعات الذكية)، يُفضل مصدر الضوء الأخضر الذي يحتوي على معدل امتصاص مرتفع في الهيموغلوبين وقابلية أقل للضوء المحيط، لذلك تستخدم ثنائيات باعثة للضوء (LED) Light-Emitting Diode الخضراء مصادر ضوء الإرسال [24]. وعلى سبيل المثال حساس MAX30101 المطور من قبل شركة ماكسيمينغريدت Maximintegrated الذي يمكن استخدامه كحساس نبض للتشخيصات الطبية [39].

وفي العام 2018 اقترحت طريقة جديدة لقياس معدل نبضات القلب من قبل جامعة إنوبوليس في روسيا التي تعتمد على قياس نبضات القلب بواسطة فيديو لوجه المريض وتعتمد الطريقة على مراقبة التغيرات الدقيقة التي تحدث في الأوعية الدموية في الوجه واستنتاج نبض الشخص منها.

3.6.2 قياس الأكسجة في الدم:

مستوى الأكسجين في الدم هو مقياس لمقدار الأكسجين الذي تحمله خلايا الدم الحمراء، ينظم الجسم عن كثب مستوى الأكسجين في الدم ليحافظ على التوازن الدقيق للدم المشبع بالأكسجين [35]. ويُطلق على قياس الأكسجين في الدم مستوى تشبع الأكسجين، ويستخدم اختبار مستوى الأكسجين في الدم للتحقق من مدى جودة عمل الرئتين وقياس توازن القاعدة الحمضية Acid-Base Balance في الدم. يتضمن الاختبار عادة القياسات التالية [20] :

- محتوى الأكسجين (O_2CT): يقيس كمية الأكسجين في الدم.
- تشبع الأكسجين (O_2Sat): يقيس كمية الهيموجلوبين في الدم. الهيموجلوبين هو بروتين موجود في خلايا الدم الحمراء ويحمل الأكسجين من الرئتين إلى باقي أجزاء الجسم.
- الضغط الجزئي للأكسجين (PaO_2): يقيس ضغط الأكسجين المذاب في الدم، يساعد في إظهار مدى انتقال الأكسجين جيداً من الرئتين إلى مجرى الدم.
- الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون ($PaCO_2$): يقيس كمية ثاني أكسيد الكربون في الدم.

1.3.6.2 مستويات الأكسجين في الدم:

- الطبيعي: يتراوح مستوى الأكسجين الطبيعي للرئة السليمة بين 80 و 100 (mm Hg) ملليمتر.
- أقل من المعدل الطبيعي: يسمى مستوى الأكسجين في الدم الأقل من الطبيعي بنقص الأكسجة في الدم. غالباً ما يكون نقص الأكسجين في الدم مدعاة للقلق، فزيادة شدة نقص الأكسجة في الدم يمكن أن تؤدي إلى مضاعفات في أنسجة الجسم وأعضائه. وعادة تعدّ قراءة PaO_2 أقل من 80 (mm Hg) منخفضة. وذلك تبعاً للحالة الصحية للمريض خاصةً إذا كان يعاني من حالة مزمنة في الرئة.
- فوق الطبيعي: إذا كان التنفس دون مساعدة فمن الصعب أن تكون مستويات الأكسجين مرتفعة للغاية، ففي معظم الحالات تحدث مستويات عالية من الأكسجين عند الأشخاص الذين يستخدمون الأكسجين الإضافي.

2.3.6.2 آلية قياس نسبة الأكسجة في الدم:

يعتمد قياس نسبة الأكسجة على خاصية تغير الامتصاصية الضوئية للهيموجلوبين فتحتوي كريات

الدم الحمراء على بروتين يدعى الهيموغلوبين ويتميز هذا البروتين بصفتين أساسيتين [35]:

- يعدّ الحامل الرئيسي للأكسجين في الدم، ويتفاعل معه ليشكل الهيموغلوبين المؤكسج HbO_2
- الهيموغلوبين هو المادة الملونة في الدم.

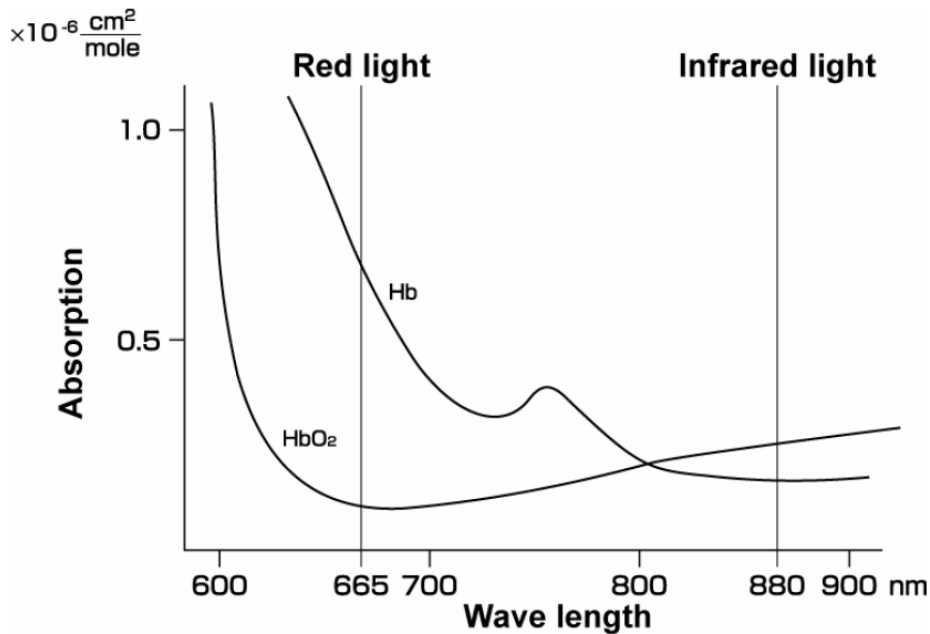
امتصاصية الهيموغلوبين للضوء تختلف بحسب نسبة الأكسجين فيه، وقد أُرجع ذلك إلى الشكلين الأساسيين

للهموغلوبين في الدم المؤكسج Oxidized Hb، وغير المؤكسج Reduced Hemoglobin HbO_2

[16]. ويختلف طيفا امتصاص الشكلين للأشعة الضوئية ذات الأطوال الموجية المتراوحة بين (500nm-

1000nm) وتتساوى امتصاصية المركبين للضوء عند طول الموجة $\lambda=800nm$ ، كما هو مبين في الشكل

(3-2).



الشكل (3-2) مخطط الامتصاص للهيموغلوبين المؤكسج وغير المؤكسج [16]

يُستخدم في هذا القياس الأشعة ذات الأطوال الموجية الواقعة في المجال [600nm – 1000 nm] وذلك لأنها الأقل تأثراً بأنسجة الجسم المختلفة، إذ أن الأنسجة العظمية والعضلية والأصبغة تمتص الأشعة الزرقاء والصفراء والخضراء، بينما يمتص الماء الأشعة تحت الحمراء ذات طول موجة أكبر من 1000nm. ويجري قياس شدة الضوء المار عبر رأس الإصبع أو من خلال الأذن عند طولي موجتين مختلفتين، وباعتبار أن الشدة الضوئية تتأثر فقط بالتركيز الجزئي للهيموغلوبين والهيموغلوبين المؤكسج في الدم الشرياني، لأن الشدة الضوئية تتناقص لوغاريتمياً على طول مسار الشعاع داخل الشريان، وذلك حسب قانون بير لامبير - Beer-Lambert المبين في المعادلة (1-2).

$$I = I_{in} * 10^{-(\alpha_{om}C_o + \alpha_{rm}C_r)l} \quad (1-2)$$

وفيها يمثل α_{om} معامل الامتصاص للهيموغلوبين المؤكسج، و C_o تركيز الهيموغلوبين المؤكسج، و α_{rm} معامل الامتصاص للهيموغلوبين غير المؤكسج، و C_r تركيز الهيموغلوبين غير المؤكسج، و I_{in} شدة الأشعة الضوئية الداخلة إلى الشريان، و l طول الشريان، و I شدة الأشعة الضوئية الخارجة من الشريان بالمعادلة (1-2). على سبيل المثال يمكن استخدام حساس الأكسجة كحساس MAX30102 المطور من قبل شركة ماكسيمينغريدت Maximintegrated للتشخيصات الطبية

4.6.2 قياس تدفق الهواء:

التنفس ظاهرة ضرورية لكل الثدييات على كوكب الأرض في أثناء دورة التنفس تنتقل الغازات الحيوية بين البيئة ومجرى الدم فيحمل الهواء أثناء الشهيق الأكسجين الذي يؤكسد الدم أما في أثناء الزفير يزال ثاني أكسيد الكربون من مجرى الدم عبر الجهاز التنفسي إلى خارج الجسم [17].

البشر هم الثدييات الوحيدة التي تتنفس ليس فقط بالأنف ولكن أيضاً بالفم، عادة ما يتنفس الإنسان بواسطة الأنف لأنه يسمح للإنسان بمضغ الطعام والتنفس في الوقت نفسه. والسبب الآخر هو أن الأنف يؤدي عدة

وظائف إضافية لحماية أعضاء الجهاز التنفسي الحساسة فيجري تسخين الهواء إلى درجة حرارة الجسم وتجرى تصفية جميع الجزيئات المستنشقة تقريباً من حجم الذباب إلى 5 ميكرومتر بينما يجري إزالة 50% من تلك التي تتراوح بين 2 و4 ميكرون فضلاً عن ذلك تؤخذ عينات من الهواء من أجل الشم، مما يوفر معلومات حول البيئة الخارجية، أي أن الأنف يعمل وحدة تكييف بيولوجية، بعد أخذ الهواء عن طريق الأنف أو الفم يمر الهواء إلى الحلق والقصبة الهوائية، يكون مدخل القصبة الهوائية محمياً بصمام يدعى لسان المزمار يغلق عندما يبتلع المرء طعاماً أو شرباً، ثم يذهب الهواء إلى الرئتين داخل الصدر و تكون محاطة بالقفص الصدري الذي يحميها ويساعد على ضخ الهواء للداخل والخارج عند التنفس[21].

الجدول (2-2) نسب الغازات أثناء الشهيق والزفير[16]

الغاز	الشهيق (%)	الزفير (%)
نتروجين (Nitrogen)	78	78
أوكسجين (Oxygen)	21	16
ثنائي أكسيد الكربون (Carbon Dioxide)	0.03	5

آلية قياس تدفق الهواء:

في أثناء التنفس (الاستنشاق/الشهيق) تنقبض عضلات الهيكل العظمي مثل الحجاب الحاجز والعضلات الوربية (العضلات الصغيرة بين الأضلاع) الخارجية، وبالتالي زيادة الحجم داخل الصدر والرئتين، ومع زيادة الحجم داخل الفراغات الهوائية للرئة (الحجم داخل الرئة) ينخفض ضغط الهواء داخل الرئة إلى ما دون الضغط الجوي مما يؤدي إلى اندفاع الهواء إلى الرئة. في أثناء التنفس (الزفير) تسترخي عضلات الشهيق

مما يؤدي إلى تقليل حجم الصدر والرئتين. ويترافق الانخفاض في حجم الرئتين مع زيادة في الضغط فوق الضغط الجوي مما يؤدي إلى عودة الغاز الرئوي إلى الغلاف الجوي[23].

عندما تكون هناك حاجة لزيادة التهوية الرئوية مثلاً أثناء التمرين يصبح الزفير حدثاً نشطاً يعتمد على تقلص عضلات الزفير التي تسحب القفص الصدري وتضغط على الرئتين. في المتوسط يتنفس (شهيق وزفير) الإنسان البالغ من 10 إلى 20 مرة/ دقيقة (تردد التنفس أو معدل التنفس هو 0.17 إلى 0.33 هرتز) في أثناء التنفس الطبيعي الهادئ Eupnoea. ويمكن أن يزيد هذا إلى 25 إلى 30 مرة/ دقيقة (0.42 هرتز) في أثناء التمرينات الشاقة. وعلى سبيل المثال كأحد الحساسات المستخدمة حساس معدل التدفق PS- 2133 Respiration Rate Sensor المطور من شركة باسكو Pasco[40].

5.6.2 حساس قياس السرعة:

طُورت عدة طرائق لتقييم النشاط البدني لدى البشر؛ وتشمل هذه الطرائق مراقبة معدل التهوية الرئوية ومعدل ضربات القلب والحركة فضلاً عن مقاييس الضغط ومقاييس الخطوات. ونظراً لأن المشي يمثل النشاط البدني الرئيسي الذي يقوم به جميع الأفراد فقد بدا من المنطقي الاهتمام بقياس سرعة المشي[27].

تستخدم الأجهزة القابلة للارتداء غير المزعجة بشكل شائع من قبل الرياضيين لتقييم حالتهم البدنية وتتبع أدائهم. يعدّ التقدير الدقيق للسرعة مهمة صعبة التنفيذ خاصة عندما يكون الهدف الاستقلال عن النشاط والبيئة. إذ تؤثر العوامل البيئية مثل حالة الطريق والانحدار والانعطافات على الجهد البدني ويمكن أن يكون لها تأثير كبير على دقة تقدير السرعة[18].

نذكر من آليات قياس حساس السرعة [26]:

- أنظمة الملاحة العالمية بواسطة سواتل التي أصبحت الآن شائعة في المعدات الرياضية مثل نظام تحديد الموقع الشامل (GPS) Global Positioning System. والتي تسمح بتقدير سرعة المستخدم في أثناء تتبع عمليات إزاحة مرتدي الجهاز [25]. وتملك مزايا متعددة مثل غياب وجود معايرة بسبب طبيعتها المطلقة لتحديد المواقع فضلاً عن صغر حجمها وخفة وزنها والوصول المجاني إلى سواتل المنظومة GPS في أي جزء من العالم، ومع ذلك فإن دقة هذه الطريقة تنخفض في البيئات المغلقة.

- مقاييس التسارع: يشتمل الجهاز المعتمد على مقياس التسارع على حساس حركة يستشعر كل ضربة بالقدم ووحدة معالجة ذات خوارزميات مخصصة تستخلص من التسارعات المقاسة المعلومات اللازمة لتقدير السرعة إن دقة هذه الأجهزة أقل من تلك الموجودة في نظام تحديد الموقع الشامل GPS وبحاجة إلى معايرة خاصة وفقاً لكل شخص، تتميز هذه الأجهزة بأنها صغيرة وغير مكلفة واستهلاكها للاستطاعة منخفض وتوفر دقة مقبولة. يمكن وضع الحساس إما في الحذاء أو على الكاحل أو في أحزمة الصدر أو عند الرسغ؛ وعلى سبيل المثال حساس تحديد الوجود البشري Human Presence Sensor من طراز AK9753 المطور من شركة AKM [38].

7.2 الحواسيب وحيدة اللوحة (SBCs) Single Board Computers

يقصد بالحاسوب وحيد اللوحة (SBC) Single Board Computer لوحة حاسوبية واحدة تشتمل على المعالج والذاكرة وطرفيات الإدخال / الإخراج مما يسمح لها بالعمل كحاسوب متكامل و تختلف هذه اللوحات عن اللوحة الأم التقليدية التي تنتج بكميات كبيرة في حين أن اللوحات الأم التقليدية تحتوي على

فتحات توسعة لكثير من الأجهزة الطرفية الإضافية الرئيسية مثل: الصوت والفيديو، وبطاقات الشبكة، بينما تحتوي معظم اللوحات الأم للحواسيب وحيدة اللوحة SBCs على معظم الوظائف الضرورية وموجودة على لوحة أم واحدة، مع ميزة إضافية تتمثل في القدرة على ترقية الوظائف الحالية بوساطة استخدام البطاقات الإضافية.

تزايد الاهتمام بالحواسيب وحيدة اللوحة SBCs منذ الإصدار الأولي لرايسبيري باي Raspberry Pi، و كانت الحواسيب وحيدة اللوحة الأولى تستهدف السيناريوهات التعليمية، وكانت تجربة العمل مع هذا النوع من الحواسيب وإدارتها أكثر أهمية من أدائها [30].

كان فريق من المصممين يتطلعون إلى تطوير منصة سهلة تعتمد على وحدة متحكم صغيري Microcontroller سهلة الاستخدام وقليلة التكلفة وتسمح للأشخاص من جميع مستويات المهارة بالقيام بمختلف العمليات من خلالها واستخدام المتحكمات الصغيرة الحديثة في مشاريعهم، وكان هذا بمنزلة بداية منصة أوردوينو Arduino [30].

8.2 عوامل اختيار الحاسوب وحيد اللوحة SBC Selection Factors

يمكن عدّ المعايير الآتية عوامل أساسية في اختيار اللوحة [30] : الحجم إذ يكون حجم اللوحة عاملاً أساسياً في بعض التطبيقات التي تستلزم أن يكون الحجم أصغر ما يمكن؛ مثل الروبوتات المدولبة ذاتية القيادة، ونظام التشغيل، ومداخل الخرج والدخل المطلوبة ففي بعض هذه الحواسيب وحيدة اللوحة لا يوجد مخرج للصوت الذي قد يكون مهماً في بعض التطبيقات، والتكلفة، والخصائص الفنية مثل وحدة المعالجة المركزية

(CPU)، وحدة معالجة بيانيّة (GPU)، وذاكرة الوصول العشوائي Random Access Memory (RAM).

9.2 مجالات استخدام الحواسيب وحيدة اللوحة

يمكن استخدام الحواسيب وحيدة اللوحة في تطبيقات كثيرة منها [30]: حاسباً شخصياً مصغراً محمولاً للتطبيقات البسيطة، وفي المجال الصناعي بديلاً عن المتحكم المنطقي القابل للبرمجة Programmable Logical Controller (PLC) في بعض التطبيقات لتوفير التكلفة، وفي مجال الروبوتية، وإنترنت الأشياء Internet of Things (IOT) مثل تطبيقات المنازل الذكية وأنظمة الحماية، وتشغيل الطابعة ثلاثية الأبعاد، وتطبيقات الذكاء الاصطناعي ومعالجة الصورة، وفي المجال التعليمي.

10.2 استخدام الحواسيب وحيدة اللوحة في دمج البيانات

مع الانتشار الكبير للحواسيب وحيدة اللوحة SBC والتقدم الكبير في مواصفاتها بدأت تدخل في مختلف الجوانب التطبيقية والعلمية والتعليمية و تؤمن بيئة سهلة وواسعة الاستخدام، وبدأت تدخل هذه الحواسيب في تطبيقات دمج البيانات وتستخدم في الروبوتات وتطبيقات المنازل الذكية وإنترنت الأشياء نظراً لصغر حجمها وقلة استهلاكها للاستطاعة وقدرتها على تقبل مختلف أنواع البيانات الواردة من الحساسات. فعلى سبيل المثال فإن راسبيري باي Raspberry Pi تحتوي على مسرى تسلسلي عميم Universal Serial Bus (USB) لإدخال البيانات من الكاميرات كما تحتوي على مدخل واجهة معالج صناعي نقال (MIPI) Mobile Industry Processor Interface لأنواع كاميرات خاصة بدقة تصل إلى 18 MP، كما يمكن إدخال إشارات الحساسات بواسطة البروتوكول Inter-Integrated Circuit (I2C) مثل حساسات الحركة MPU-6050/MPU-6000 ؛ فضلاً عن كثير من المداخل العامة الأخرى. كما يحتوي هذا الحاسوب

وحيد اللوحة على عدد كبير من المخارج لإعطاء إشارات التحكم بعد عملية دمج البيانات واتخاذ القرار كمخارج إشارة تعديل عرض النبضة (Pulse-Width Modulation (PWM للتحكم في حركة المحركات على سبيل المثال.

كما يمكن استخدام هذه الحواسيب كمنصة مركزية للاتصالات بين الحساسات، لأن الحساسات عبارة عن أجهزة معيارية تستخدم منافذ اتصالات قياسية مثل شبكة متحكمات CAN ((Controller Area Network، وإيثرنت. كما يمكن أن تستقبل إشارات الحساسات لاسلكياً مثل البلوتوث.

فضلاً عن ذلك يمكن برمجة هذه الحواسيب للقيام بعملية معالجة الصورة بسرعة وكفاءة عالية للاستفادة من هذه البيانات والاستفادة منها في تحليل البيئة المحيطة أو اكتشاف الأهداف وذلك طبقاً للتطبيق المراد واتخاذ القرار بناء على هذه المعلومات.

جرى في هذا الفصل استعراض أنواع الحساسات وطرائق تصنيفها وشرح تقنية التحسس مع توضيح الحساسات التي استخدمت في هذا البحث وتقديم دراسة مرجعية عن الحواسيب وحيدة اللوحة.

الفصل الثالث

التنفيذ العملي والنتائج

Implementation and Results

1.3 النموذج المحسن المقترح لدمج البيانات Proposed Model for Data Fusion

كان لاعتماد نماذج دمج البيانات على التسلسل في خطوات الدمج تأثير سلبي على زمن عملية الدمج، لتعقيد البيانات والعمليات المراد تطبيقها، مما يؤدي إلى بطء في إظهار النتائج النهائية وضعف قدرتها على العمل في الزمن الحقيقي؛ إضافة إلى ضعف قدرتها على تمييز المعطيات الصحيحة من الخاطئة الناتجة عن خطأ في الاتصال أو مشكلة في الحساس أو تدخل خارجي؛ مما يقود إلى تقييم غير دقيق أو موثوق لتوصيف الموقف أو الحالة المدروسة.

لذا وجب إيجاد نموذج دمج بيانات جديد يعمل على تقسيم عملية الدمج إلى مستويات معاً في آنٍ واحدٍ لتسريع عملية الدمج وإضافة مرحلة تحقق من صحة القراءات قبل عملية الدمج الفعلية لتخفيف حمل معالجة البيانات الخاطئة، والإشارة إلى وجود خطأ في البيانات الواردة من الحساسات وذلك بتسجيله في قاعدة البيانات.

جرى التوجه الى نموذج دورة الذكاء Intelligence Cycle لاعتماد البحث على أربع مستويات عمل دون الحاجة الى مرحلة الفعل Act، بالإضافة الى استخدام عدة خصائص من النماذج السابقة لتطوير النموذج المقترح:

- نموذج المدراء المشتركين للمختبرات (JDL) (Joint Directors of Laboratories): جرى الاستفادة من خاصيتين مهمتين جداً موجودتين فقط في هذا النموذج وهما خاصية الدخل البشري الذي يسمح بإدخال الحدود الدنيا والعليا لقراءة الحساسات أو شكل البيانات المتوقع تحصيله لتحديد فيما إذا كانت البيانات المحصلة ضمن هذا المجال أم خارجه؛ ومن ثمّ تحديد فيما إذا كانت القراءة

صحيحة أم لا. فعلى سبيل المثال في حال كانت تؤخذ قراءة من حساس وظيفته قراءة درجة حرارة الوسط المحيط في بيئة مفتوحة فإعطاء قراءة أكبر من 58° أو أقل من 88° - فالقراءة حكماً خاطئة لأن هاتين الدرجتين هما الحدود الدنيا والعليا لدرجة الحرارة المسجلة على سطح الأرض دون تدخل خارجي (مصدر حراري خارجي). أما الخاصية الثانية التي سيستفاد منها في هذا النموذج هي إدارة البيانات إذ هذا النموذج وجود قاعدة بيانات ستحتوي على البيانات المحصلة ونتائج عملية الدمج.

- نموذج الدمج الشلال المعدل Modified Waterfall Model: يحتوي هذا النموذج على خاصية التغذية الراجعة التي سوف تعطي النظام القدرة على معالجة الحالة الشاذة، وإعادة القياس للحصول على القيمة الحقيقية وتقديم توصيف دقيق للحالة.
- نموذج دورة الذكاء Intelligence Cycle أو نموذج حلقة بويد Boyd Control Loop (BCL): يتميز هذان النموذجان بقدرتهما على الوصول إلى توصيف حالة بأقل عدد من الخطوات اللازمة وقدرتهما على العمل على مختلف أنواع التطبيقات بعكس JDL الموجه بشكل رئيسي لتطبيقات الملاحقة وتتبع المسار ومعالجة الصورة وتحديد الأخطار في التطبيقات العسكرية. كما يظهر الجدول (1-3) الخصائص المستفادة من كل نموذج.

الجدول (1-3) الخصائص المستفادة منها في النموذج المقترح المأخوذة من النماذج التقليدية

النموذج التقليدي	الميزة المستفادة منها	السبب
نموذج المدراء المشتركين للمختبرات (JDL) Joint	• واجهات التواصل بين الإنسان والنظام. • قاعدة البيانات.	• سهولة التعامل مع الواجهة. • سهولة إدارة حجوم البيانات الكبيرة وتخزينها.

		Directors of Laboratories
• نشر النتيجة النهائية لعملية الدمج وتقدير الموقف وتسجيلها في قاعدة البيانات وإظهارها للمستخدم ليقوم باتخاذ القرار المناسب • أربع سويات	مرحلة النشر. عدد السويات.	نموذج دورة الذكاء / Intelligence cycle نموذج حلقة بويد Boyd Control Loop(BCL)
تحصيل بيانات من جديد وتسجيل خطأ في حال وجود قيم مرفوضة.	وجود ممر للتغذية الرجعة بين المستويات المختلفة ضمن النموذج نفسه.	نموذج دمج الشلال المعدل Modified Waterfall Model

2.3 مستويات النموذج المقترح وتفاصيله Level of

Proposed Model

يعتمد النموذج المطور المقترح لعملية دمج البيانات على مجموعة من الخطوات أو المستويات التي من شأنها أن تؤمن عملية دمج بيانات للأنظمة المستمرة التي تقوم بتحصيل البيانات بشكل متتال، وتعتمد على بيانات مختلفة قادمة من حساسات مختلفة وحساسات متشابهة (دمج تنافسي و دمج مُتمم و دمج تعاوني)، إضافةً إلى الحاجة لمدخلات بشرية لإجراء عملية الدمج الصحيحة وقاعدة بيانات محلية (مصفوفات المحددات والنتائج) للاستفادة منها في تعريف الهدف، والاستفادة من هذا التعريف لتقليل الحمل على نظام الدمج وفي البيانات المرجعية التي تستخدم لتقدير الموقف بشكل صحيح.

توصيف قاعدة البيانات: جرى اعتماد قاعدة بيانات محلية في الماتلاب Matlab والتي تكون بصيغة matab.mat؛ تحتوي على عدد من المصفوفات التي تتألف من المصفوفات المرجعية ومنها المصفوفات التي يتم فيها تخزين النتائج وعمليات الدمج.

- matlab.mat: هي ملفات ماتلاب MATLAB ثنائية تخزين المتغيرات المستخدمة في مساحة العمل. وهناك العديد من الإصدارات اللاحقة من ملفات MAT بدءاً من الإصدار الرابع التي تدعم مجموعة متزايدة من الميزات مثل الوصول إلى المتغيرات وتغييرها في ملف MAT دون تحميل الملف في الذاكرة، واستخدم كائن ملف MAT للوصول إلى المتغيرات وتغييرها في ملف MAT دون تحميل الملف في الذاكرة، وتحميل أو حفظ أجزاء من المتغيرات. يتطلب التحميل الجزئي وحفظ المتغيرات باستخدام كائن ملف MAT ذاكرة أقل من أوامر التحميل والحفظ. يبين في الجدول (2-3) بعض ميزات ملفات قاعدة البيانات المحلية Mat-file [37].

الجدول (2-3) بعض ميزات ملفات قاعدة البيانات المحلية Mat-File [37]

Mat-File إصدار	Supported MATLAB إصدار الماتلاب	السمات	Compression الضغط	Maximum Size of Each Variable الحجم الأعظمي للمتغير	Value of version argument in save function القيمة الوسطية للإصدار في دالة الحفظ	Preference Option الخيار الأفضل
Version 6	R8 (Version 5) or later	المصفوفات ذات الأبعاد N، ومصفوفات الخلايا، ومصفوفات البنية، والأسماء المتغيرة التي يزيد طولها عن 19 حرف. N-dimensional arrays, cell arrays, structure arrays, variable names longer than 19 characters .	No	2 ³¹ bytes per variable	'-v6'	MATLAB Version 5 or later (save -v6)

- المصفوفات المرجعية: جرى توليد مصفوفات ذات الأبعاد [1 10⁶] من قبل برنامج Visual

Studio 2019، تعود القيم المخزنة فيها الى الحساسات المراد استخدامها في التطبيق.

- يتم تصدير هذه المصفوفات الى الماتلاب وتخزينها ضمن قاعدة البيانات المحلية بصيغة

matlab.mat

- مصفوفة النتائج ذات الأبعاد [4 10⁶] يخزن فيها النتائج.

كما يستهدف هذا النموذج الأنظمة التي تحتوي عملية الدمج فيها على أكثر من مستوى، كأن يحتوي النظام على مدخلات من مجموعة الحساسات التي يعطي دمج كل اثنين منها أو أكثر معلومة أو أكثر وتكون تعتمد النتيجة النهائية للنظام على الدمج بين هذه المعلومات. وتستهدف النماذج المشهورة مثل JDL وBCL لعملية دمج البيانات بشكل رئيسي الأنظمة التي تعتمد على الدمج المباشر بين المعلومات المستخلصة والمعالجة من الحساسات مباشرة لإعطاء النتيجة النهائية، أما النموذج المقترح فهو قادر على تقسيم عملية الدمج إلى مستويين منفصلين بهدف تسريع إعطاء النتيجة، فحينما يكون المستوى الثاني من الدمج يقوم بحالة معالجة للنتائج القادمة من المستوى الأول ودمجها يكون المستوى الأول في هذه الأثناء مشغول في تجهيز المعلومات الجديدة الناتجة عن البيانات الجديدة الواردة من الحساسات وتحويلها لمعلومات جاهزة لعملية الدمج النهائية مما يزيد من فاعلية النموذج وقدرته على إعطاء نتائج في الوقت الحقيقي دون تأخير.

يتألف النموذج المقترح من المستويات الأربعة الآتية:

1. المستوى 1: مرحلة التحسس والمعالجة وتقوم هذه المرحلة بجمع البيانات الخام من الحساسات ومعالجة الإشارات فضلاً عن القيام بتسجيل الوقت التي جمعت فيه هذه البيانات وصنفت البيانات المجمعة.

2. المستوى 2: مرحلة التحقق من صحة البيانات وتجميعها وربطها حيث يقوم هذا المستوى بتحقيق استنظام للبيانات وربطها ببعضها لتخفيف الضغط على عملية الدمج، ومعالجة البيانات لاكتشاف أي شذوذ أو خطأ في البيانات ناتج عن أي خطأ في القياس لتوفير عملية دمج لا معنى لها على المستوى الثالث وذلك بالاعتماد على بيانات قاعدة البيانات (المصفوفات) والقراءات السابقة.

3. المستوى 3: مرحلة الدمج واستخراج النتائج وينقسم هذا المستوى إلى مرحلتين تنتج عنهما عملية الدمج الفعلي:

- المرحلة الأولى مسؤولة عن دمج القياسات والبيانات المعالجة القادمة من المستوى الثاني وتحويل هذه النتائج إلى معلومات.

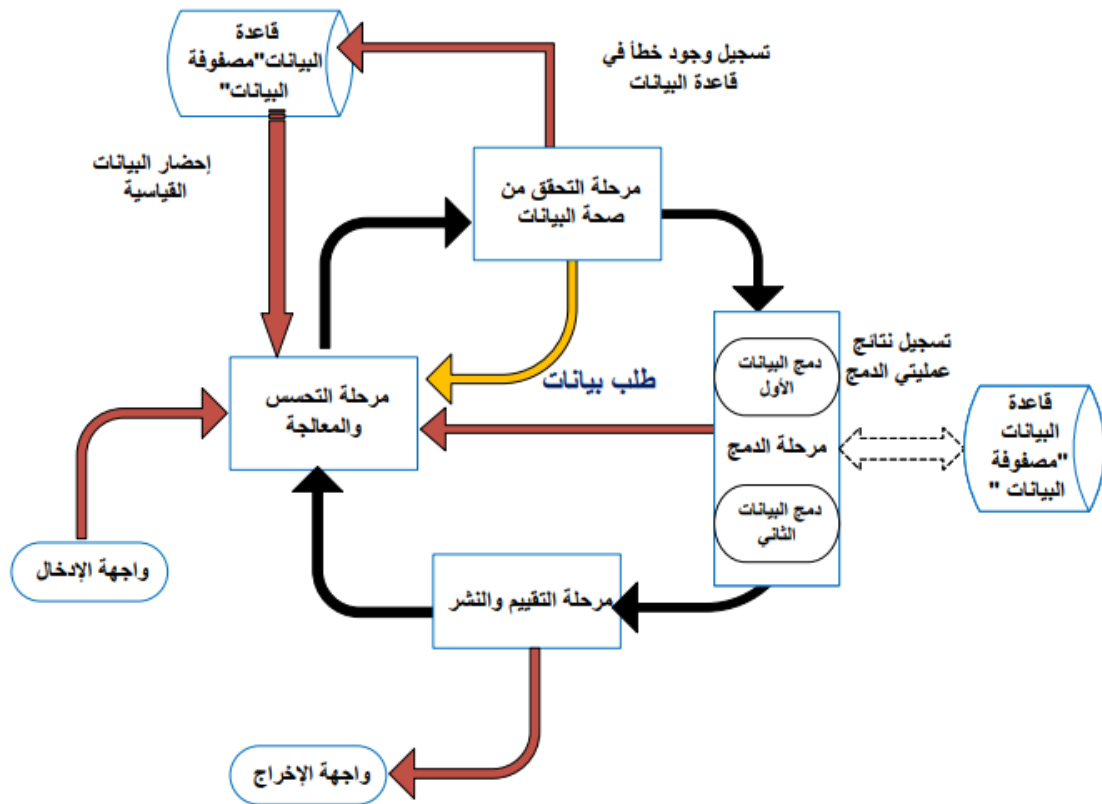
- المرحلة الثانية: تكون مسؤولة عن دمج المعلومات المأخوذة من المرحلة الأولى.

4. المستوى 4: مرحلة التقييم والنشر وجرى في هذه المرحلة استخدام المعلومات من المستوى الثالث وإعطاء النتائج النهائية للمستخدم بالاعتماد على القيم المرجعية والنتائج السابقة المخزنة في قاعدة البيانات.

يحتوي هذا النموذج على قاعدة بيانات المسؤولة عن تخزين القيم المرجعية في حال وجدت والقراءات والنتائج المستخلصة للاستفادة منها في مرحلة النشر في عملية الدمج، كما أنها مسؤولة عن استرجاع البيانات والاستعلام عن معلومة ما. كما يوجد إمكانية للتفاعل بين الإنسان والحاسوب (HCI)، الذي يسمح

بأنواع مختلفة من المدخلات البشرية مثل بيانات ثابتة خاصة بالغرض المدروس أو طلبات البيانات والتقارير .

يوضح الشكل (1-3) النموذج المقترح مع خط تغذية راجعة بين المستويين الأول والثاني وظيفته اكتشاف أي شذوذ في البيانات أو بيانات خاطئة وإبلاغ المستوى الأول للقيام بعملية جمع بيانات جديدة.



الشكل (1-3) نموذج دمج البيانات المحسن المقترح [الباحث]

3.3 تطوير نظام مراقبة صحي شخصي Developing a Personal Health

Monitoring System

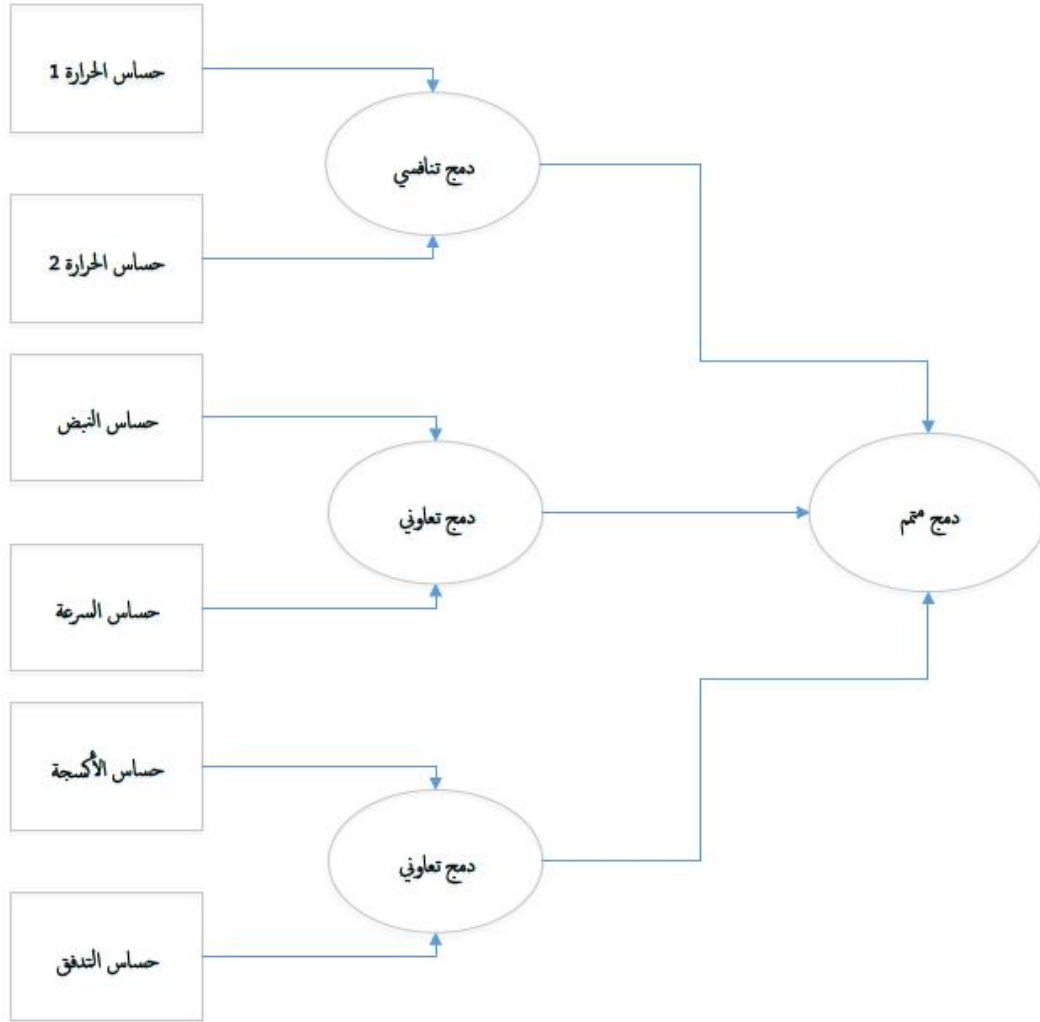
بهدف اختبار النموذج المقترح والتحقق من قدرته على إعطاء معلومات أكثر صحة وبسرعة أكبر كان لابد من إيجاد تطبيق لاختبار النموذج عليه. والتطبيق المقترح مخصص لمراقبة وتشخيص الحالة الصحية لشخص بالاعتماد على بيانات مجموعة من الحساسات المرتبطة بجسم الشخص تقيس مؤشرات الحيوية وهي: (حساس النبض وحساسة حرارة وحساس سرعة حركة الشخص وحساس أكسجة وحساس تدفق الهواء " التنفس ") وبالاعتماد على معلومات أولية مدخلة لتوصيف الشخص المدروس (البيانات الشخصية الصحية المرجعية للشخص) وذلك باستخدام عدة نماذج لدمج البيانات منها: حسب تقانة الدمج والتطبيق لعملية الدمج ونوع الدخل والخرج في نظام واحد.

1.3.3 مخطط الدمج حسب تقانة الدمج :

- تدمج البيانات القادمة من حساسي حرارة مثبتين على موضعين مختلفين من الجسم للحصول على درجة الحرارة الفعلية في حال كان هناك مصدر حراري قُرب أي من الحساسين على سبيل المثال حساس MAX30205 المطور من قبل شركة ماكسيمينغريت Maximintegrated يمكن استخدامه كحساس حرارة للتشخيصات الطبية [36]. وهذا يسمى دمج تنافسي.
- مع ازدياد سرعة الشخص في حالة الركض مثلاً يزداد النبض، ويستقر النبض في حال كان الشخص ساكناً، ومن ثم فإن دمج نتائج حساس السرعة (جهاز تحديد الموقع الشامل (GPS) المحمول من قبل الإنسان مع معالج صغري وظيفته معالجة قراءة الحساس ومراقبة التغيرات في الموضع وتحويلها إلى سرعة) على سبيل المثال حساس تحديد الوجود البشري Human Presence Sensor من طراز AK9753 المطور من شركة AKM [38]؛ والنبض يعطي تعبيراً أوضح عن حالة نبض الشخص هل هي طبيعية أم أعلى من الحد المقبول، على سبيل المثال حساس MAX30101

المطوّر من قبل شركة ماكسيمينغريتد Maximintegrated يمكن استخدامه كحساس نبض
للتشخيصات الطبية[39]. ويسمى دمجاً تعاونياً.

- في حال انخفاض أكسجة الشخص يجري التحقق أن الشخص يقوم باستقبال الكمية اللازمة من
الهواء لتحديد المشكلة فيما إذا كانت في الجهاز التنفسي أم في تنفس الشخص بحد ذاته (قطع
النفس لمدة أو قلة الأكسجين في الهواء فيما إذا كان تدفق الهواء طبيعياً باستخدام حساس معدل
التدفق PS-2133 Respiration Rate Sensor المطوّر من شركة باسكو Pasco[40])،
وباستخدام حساس الأكسجة كحساس MAX30102 المطوّر من قبل شركة ماكسيمينغريتد
Maximintegrated للتشخيصات الطبية[41]. ويسمى دمجاً تعاونياً.
- تجمع المعلومات السابقة كلها لتحديد الحالة الصحية بشكل عام للشخص بواسطة الدمج المُتمم. كما
يبين الشكل (2-3).



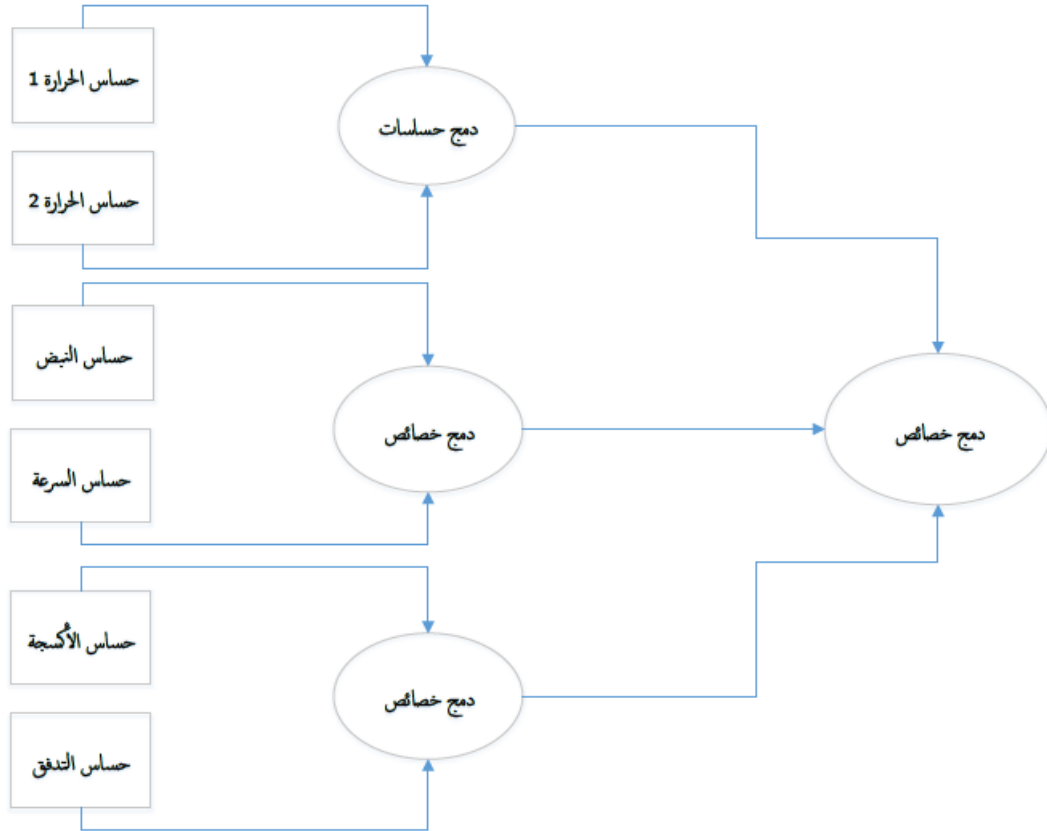
الشكل (2-3) مخطط الدمج حسب تقانة الدمج

2.3.3 مخطط الدمج بحسب التطبيق لعملية الدمج:

- لأن حساسيّ الحرارة يقومان بقياس القيمة نفسها، فإن نوع عملية الدمج المفروض أن تكون بينهما هي دمج حساسات.
- دمج نتيجتي حساس النبض والسرعة هو دمج خصائص إذ أن دمج قيمة سرعة الشخص مع قيمة النبض تعطي نتيجة توضح حالة نبض الشخص فقياس هاتين القيمتين يعدّ متلازماً لإعطاء توصيف دقيق لحالة نبض الشخص، وهو دمج خصائص.

- دمج الخصائص بالنسبة لحساسَي الأكسجة والتدفق بمنطق حساسي النبض والسرعة نفسه؛ وكما

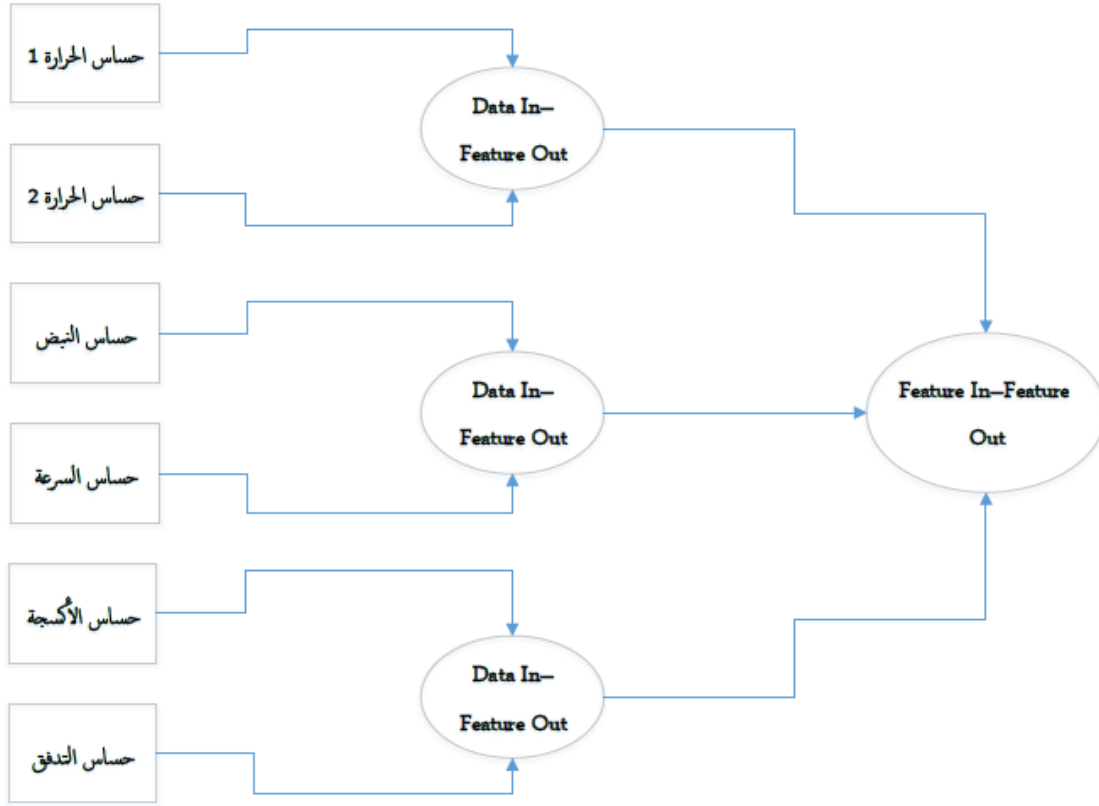
يبين الشكل (3-3).



الشكل (3-3) مخطط الدمج بحسب التطبيق لعملية الدمج

3.3.3 مخطط الدمج حسب نوع الدخل والخرج:

يكون خرج كل من عمليات الدمج الثلاث الأولى هي سمات تعبر عن حالة الشخص على كل صعيد، ودخلها عبارة عن بيانات خام مقدمة من الحساسات. وتدمج هذه السمات مع بعضها لتقديم التوصيف الكامل لحالة الشخص الصحية. كما هو موضح في الشكل (3-4).



الشكل (4-3) مخطط الدمج حسب نوع الدخل والخرج

4.3 نتائج المحاكاة Simulation Results

لإجراء اختبار للتطبيق والنموذج قمنا ببناء تطبيق باستخدام برمجية ماتلاب (2016a) Matlab الذي يأخذ عمر الشخص دخلاً له (لمعرفة الحدود الطبيعية للمعاملات الحيوية المناسبة لفئته العمرية) وقراءات الحساسات الستة (حساس حرارة وحساس نبض وحساس سرعة وحساس تدفق وحساس أكسجة) المسجلة في جداول في قاعدة البيانات محلية (مصفوفات المحددات والنتائج) في حال التطبيق المباشر تكون مصدر هذه الجداول الحساسات، لكن في حالتنا جرى توليد هذه القيم عشوائياً لتكون ضمن القيم الطبيعية للمعاملات الحيوية للإنسان (الصحيح والمريض) وخارج هذه الحدود لاختبار مرحلة التحقق من صحة البيانات. ولتقييم

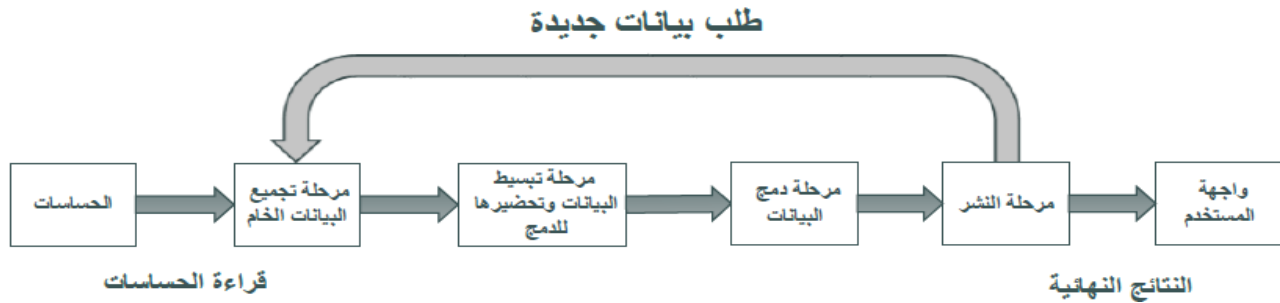
أداء النموذج المقترح قورنت نتائجه مع نتائج نموذج دورة الذكاء Intelligence Cycle الذي يعدّ النموذج الأقرب للنموذج المقترح فهو يتميز بأنه مستمر وتوجد مرحلة نشر في نهايته ويتكون مثل نموذجنا المقترح من أربعة مستويات مما يعني أقل عدد مستويات للوصول للنتيجة النهائية.

1.4.3 مقارنة تدفق البيانات بين النموذج المقترح ونموذج دورة الذكاء:

للمقارنة بين النموذجين في تدفق البيانات سنقوم بعرض المخطط الصندوقي الخاص بكل نموذج وشرح تسلسل انتقال البيانات في كل منهما.

1.1.4.3 تدفق البيانات في نموذج دورة الذكاء:

يوضح الشكل (3-5) مسار البيانات في نموذج دورة الذكاء بدءاً من قياسات الحساسات وانتهاء بنتائج عملية الدمج التي ستعرض للمستخدم.



الشكل (3-5) المخطط الصندوقي لتدفق البيانات لنموذج دورة الذكاء [الباحث]

تجمع المرحلة الأولى من النموذج القراءات من الحساسات المرتبطة بالنظام (حساسَي الحرارة - حساس النبض وحساس الأكسجة وحساس التدفق وحساس السرعة في حالة التطبيق الصحي المقترح). تنقل هذه القراءات إلى المرحلة الثانية من النموذج التي تقوم بدورها بتوحيد وحدات القياس أي استنظام للقراءات لتسهيل عملية الدمج اللاحقة وتجميع القراءات المعبرة عن نفس القيمة (مثل حساسي الحرارة في التطبيق الطبي المقترح) ليجري تحضيرها لنقلها للمرحلة الثالثة من النموذج.

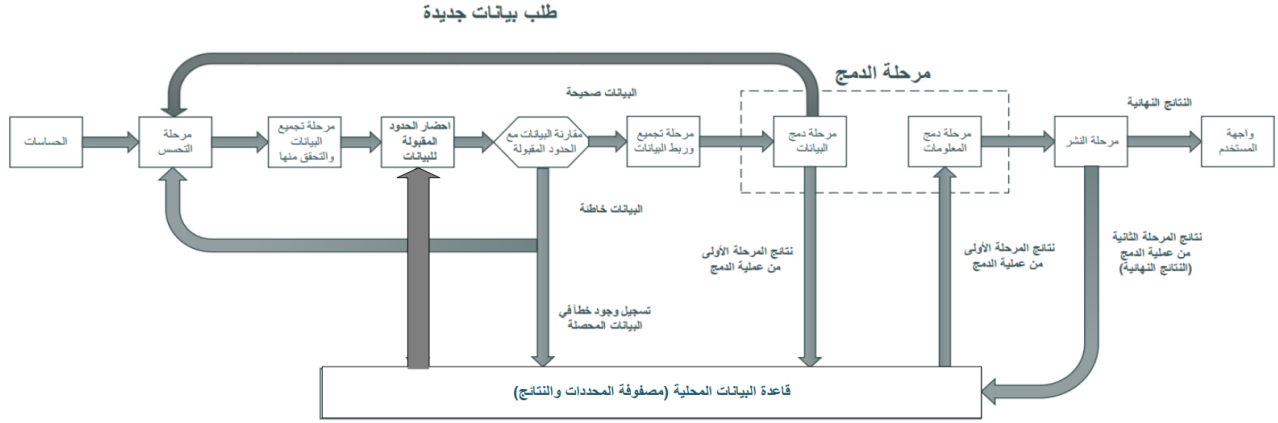
تقوم المرحلة الثالثة بعملية الدمج بحسب التطبيق المطلوب على سبيل المثال في حالة النموذج الطبي المقترح تقارن قراءة حساس السرعة مع قراءة حساس النبض بعد عملية الاستنظام لقراءات الحساسات للتحقق من أن نبض الشخص طبيعي أم لا ، كذلك الأمر بالنسبة لقراءة حساس الأكسجة مع قراءة حساس التدفق للتحقق من أن نسبة الأكسجة في دم الشخص طبيعية أم منخفضة بسبب ضعف قدرة الشخص على التنفس بشكل صحيح أو بسبب مشاكل داخلية تمنع وصول الأكسجين إلى دم المريض، أما بالنسبة لحساس الحرارة فيجري دمج لقراءتين بهدف تقليل الضجيج والحصول على قراءة أدق لأن قراءة أحد حساسي الحرارة قد يتأثر بمؤثر خارجي فتعتمد قراءة الحساس الثاني، وتجري معرفة ذلك بواسطة الحدود القصوى و الدنيا لقراءة درجة الحرارة الممكنة للجسم البشري؛ ففي حال تجاوز هذا الحد تعدّ قراءة الحساس تعبر عن أن الغرض المدروس مريض .

بعد انتهاء عمليات الدمج الجزئية للحساسين أو أكثر على حدة تجري عملية الدمج للمعلومات الناتجة عن عمليات الدمج الجزئية برمجياً لإعطاء النتيجة النهائية التي توضح في حالة التطبيق الصحي المقترح الحالة الصحية العامة للشخص لتعرض على وحدة الإظهار أو إرسالها لنظام آخر مرتبط بالطبيب الخاص بالشخص على سبيل المثال، يقوم النموذج بعد ذلك بالعودة للمرحلة الأولى ليقوم بتحصيل القراءات من جديد من الحساسات ليقوم بمعالجتها مرة أخرى كما سبق التوضيح.

2.1.4.3 تدفق البيانات في النموذج المقترح:

يظهر في الشكل (3-6) المخطط الصندوقي الذي يوضح مسار البيانات في النموذج المقترح بدايةً

من قياسات الحساسات وانتهاءً بنتائج عملية الدمج التي ستعرض للمستخدم.



الشكل (6-3) المخطط الصندوقي للنموذج المقترح [الباحث]

كما في نموذج دورة الذكاء تكون المرحلة الأولى هي مرحلة تحصيل الإشارات القادمة من الحساسات المختلفة المرتبطة بالنظام (حساس الحرارة وحساس النبض وحساس الأكسجة وحساس التدفق وحساس سرعة الشخص).

تقوم المرحلة الثانية بتوحيد وحدات القياس للقراءات المختلفة القادمة من الحساسات أي استنظام للقراءات لتسهيل عمليات الدمج اللاحقة وتجميع القراءات المتعلقة بالقيمة نفسها (تسمي القراءات بما يتناسب مع آلية عمل النظام) ثم تنقل هذه القراءات المسماة والمعرفة إلى المرحلة التالية التي تكون مسؤولة عن التحقق من أن القراءات صالحة (لا يوجد عطل في أحد الحساسات أو مؤثر خارجي على الحساس مما يسبب قراءات غير مرتبطة بالغرض المدروس) وذلك بواسطة الخطوات الآتية:

- تحضر القيم العليا والدنيا للقيم المقاسة (أعلى وأدنى درجة حرارة ممكنة للجسم البشري، أعلى وأدنى قيمة ممكنة لحساس لأكسجة وحساس النبض وحساس التدفق وحساس سرعة شخص) من المصفوفات المرجعية التي تم توليدها من قبل برنامج Visual Studio 2019 بعد تصديرها الى برمجية الماتلاب. تتكون المصفوفات المرجعية من مصفوفة ذات الأبعاد 10^6 [1] لقيم

الحساسات المستخدمة مصفوفتي sensor1،sensor2 للحرارة، ومصفوفة pulse للنابض،

ومصفوفة air لتدفق الهواء ، ومصفوفة ox للأكسجة، ومصفوفة speed للسرعة.

- بعد استيراد المصفوفات المرجعية ضمن الماتلاب Matlab، يتم تخزينها في قاعدة البيانات المحلية في الماتلاب بصيغة matlab.mat، ومن ثمَّ يجري التحقق من أن جميع قراءات الحساسات ضمن هذه القيم المقبولة للمعاملات المقاسة برمجياً ضمن مصفوفة النتائج ذات الأبعاد $[4 \times 10^6]$.

- في حال وجود قيمة شاذة أو مرفوضة تُسجل هذه القيمة في قاعدة البيانات ضمن متغير بهدف مراقبة أداء الحساسات وأي من الحساسات يتسبب بأكبر عدد من الأخطاء لإجراء اللازم لحل المشكلة، كما تجري العودة مباشرةً إلى المرحلة الأولى من النموذج لتحصيل بيانات جديدة دون الحاجة لإضاعة الوقت بإجراء معالجات الدمج لقراءات شاذة ليس لها معنى.

- في حال كانت جميع القيم ضمن المجالات المقبولة ينتقل إلى المرحلة التالية من النموذج. بعد التحقق من صحة القراءات تربط القراءات التي ستعالج مع بعضها (الدمج الجزئي أو الأولي لقراءة كل حساسين أو أكثر على حدة قبل عملية الدمج النهائية) لتحضيرها لمرحلة الدمج.

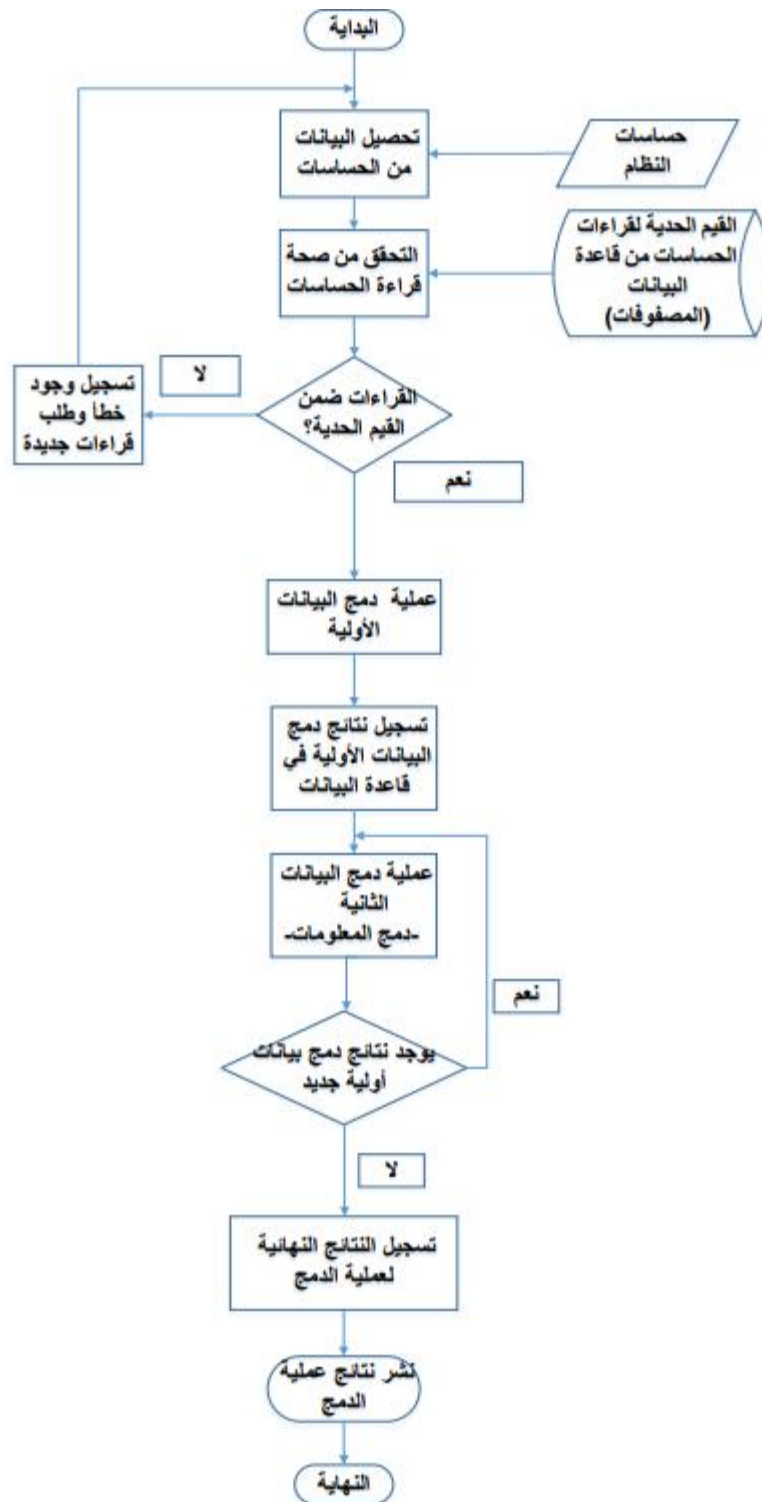
مع بداية عملية الدمج يرسل طلب جلب قراءات جديدة من الحساسات (العودة للمرحلة الأولى) ويجري في الوقت نفسه المتابعة بعملية الدمج للقراءات الموجودة حالياً مما يسبب سرعة في أداء النظام، لأن مرحلة التحصيل لا تقوم بانتظار عملية الدمج لتنتهي لتقوم بتحصيل بيانات جديدة، وكذلك الأمر بالنسبة لعملية الدمج فبينما تنفذ عمليتا التحصيل والتحقق، يقوم النموذج بتحصيل البيانات الجديدة ومعالجتها، وتكون مرحلة الدمج تعمل على البيانات السابقة مما يوفر وقت انتظار كل عملية للعملية الأخرى لتنتهي لتبدأ عملها.

1.2.1.4.3 تنقسم عملية الدمج الفعلي للبيانات إلى مرحلتين:

- المرحلة الأولى: تقوم بعملية الدمج الأولي لقراءات الحساسات المرتبطة ببعضها (حساس الحرارة و حساس النبض وحساس الأكسجة وحساس التدفق وحساس سرعة الشخص)، ليقوم بتسجيل ناتج عملية الدمج هذه في قاعدة البيانات المحلية.
- المرحلة الثانية: تقوم بإحضار أو استدعاء هذه البيانات من قاعدة البيانات المحلية وإجراء عملية الدمج النهائية للبيانات لتحديد الحالة الصحية العامة للشخص لتقوم بدورها بنقلها لمرحلة النشر والتحقق من وجود معلومات جديدة بحاجة لدمج في قاعدة البيانات المحلية.

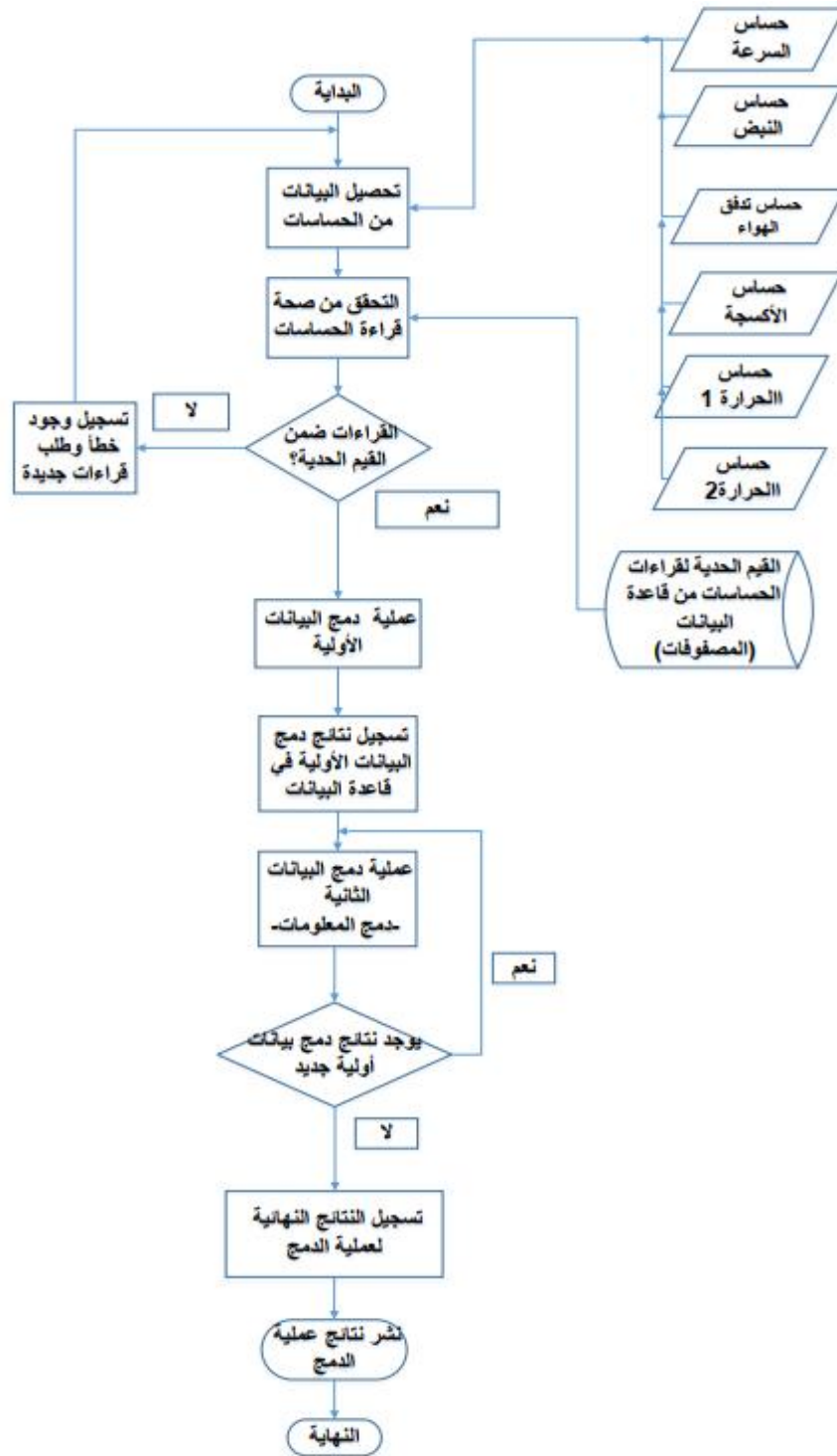
2.2.1.4.3 مرحلة النشر:

تسجل في هذه المرحلة النتيجة النهائية في قاعدة البيانات المحلية (مصفوفة النتائج) وتعرض على واجهة الإظهار للمستخدم أو ترسل لنظام آخر ليقوم بما يلزم على هذه المعلومات. يبين المخطط الصندوقي لخوارزمية العمل العامة لنموذج الدمج المقترح لعمليتي الدمج والتحقق لمرة واحدة في الشكل (3-7)، ويظهر المخطط التدفقي لخوارزمية عمل نموذج الدمج المقترح لعمليتي الدمج والتحقق لمرة واحدة ضمن التطبيق المقترح في الشكل (3-8).



الشكل (7-3) المخطط التدفقي لخوارزمية العمل العامة لنموذج الدمج المقترح لعمليتي الدمج والتحقق لمرة

واحدة [الباحث]



الشكل (3-8) المخطط التدفقي لخوارزمية عمل نموذج الدمج المقترح لعمليتي الدمج والتحقق لمرة واحدة ضمن التطبيق المقترح [الباحث]

2.4.3 توليد العينات العشوائية:

يجري توليد العينات العشوائية لتشمل المجال كاملاً باستخدام رماز برمجي مكتوب بلغة C# بواسطة Visual Studio 2019. يقوم الرماز البرمجي السابق بتوليد مليون قيمة عشوائية تتراوح قيمتها بين 33.0 و45.0 وهي تعبر عن قراءات حساس الحرارة وتحتوي على قيم مرفوضة (القيم الأكبر من 42.6 والقيم الأصغر من 35) وقيم تعبر عن أن درجة الحرارة طبيعية (أصغر من 38.1 وأكبر من 36.4) [34]، وباقي درجات الحرارة تعبر عن وجود ارتفاع أو انخفاض في درجة حرارة الشخص. كُـرر الرماز البرمجي السابق بالنسبة لجميع القراءات المختلفة للحساسات مع تغيير الحدود الدنيا والعليا للقيم المولدة بما يتناسب مع المعامل الحيوي المقاس.

3.4.3 توليد القيم الشاذة "الخارجة عن الحدود المقبولة" للاختبار:

لتوليد القيم الشاذة يغير الحد الأدنى والحد الأعلى للقيم المولدة وجعلها أكبر وأصغر من القيم المقبولة ولأن القيم يجري توليدها عشوائياً تظهر نسبة من البيانات الشاذة بحسب نسبة المجال الذي أضيف، جرى التحقق من نسبة الخطأ بعد كل عملية وولدت قيم عشوائية عن طريق المرور على القيم المولدة والقيام بعدد القيم الخارجة عن المجال الحدي للسمة المقاسة.

4.4.3 التطبيق العملي باستخدام برمجية الماتلاب:

أجري تطبيق للنموذج المقترح ونموذج دورة الذكاء Intelligence cycle على نظام المراقبة الصحي الشخصي باستخدام برنامج ماتلاب (2016a) Matlab لمقارنة النتائج الزمنية المختلفة لدمج العينات المولدة سابقاً وسنعرض الأجزاء المختلفة للرماز البرمجي المطور.

1.4.4.3 إحضار القيم الخاصة بحدود المعدلات الحيوية للإنسان والعينات التجريبية

المدخلية:

خزنت القيم الخاصة بحدود المعدلات الحيوية للإنسان ضمن مصفوفة في الماتلاب (القيم الدنيا والقيم العليا للمعدلات الحيوية المقاسة) بملف من صيغة Matlab.mat، وخُزنت البيانات العشوائية المولدة كما جرى التوضيح مسبقاً ضمن هذا الملف، كما هو مبين في المخطط الصندوقي لعملية إحضار العينات (9-3).



الشكل (9-3) المخطط الصندوقي لعملية إحضار العينات

كما جرى تعريف مصفوفة نتائج مسؤولة عن تخزين نتائج دمج كل حساسين على حدة (ثلاث نتائج) ونتيجة الدمج النهائية (أربع أعمدة لكل حالة).

2.4.4.3 مرحلة التحقق من قراءة الحساسات:

جرى تعريف حلقة وظيفتها المرور على كل عينة اختبارية من المليون عينة لتطبيق النموذج المقترح عليها. بالنسبة لكل عينة يجري في البداية كما شُرح سابقاً في تسلسل عمليات النموذج التحقق من أن قراءة الحساس ضمن القيم الحدية وتسجيل خطأ في حال وجوده والعودة إلى مرحلة التحصيل من جديد.

3.4.4.3 مرحلة الدمج الأولية:

يجري بعد التحقق من قيمة صحة قراءة الحساسات الدخول بمرحلة الدمج الأولية المسؤولة عن دمج بيانات كل حساسين مرتبطين مع بعضهما للتوصل لنتيجة تعبر عن حالة النبض (حساس النبض مع حساس السرعة) ودرجة الحرارة (حساس الحرارة) ومعدل الأكسجة في الدم (حساس الأكسجة مع حساس التدفق). وتسجل نتائج عملية الدمج هذه في قاعدة البيانات بانتظار عملية الدمج النهائية.

4.4.4.3 مرحلة الدمج النهائية:

تجري في هذه المرحلة عملية الدمج على البيانات الناتجة عن عملية الدمج الأولية التي سجلت في قاعدة البيانات وسجلت نتائج عملية الدمج هذه في قاعدة البيانات وإظهارها على واجهة الإظهار الخاصة بالمستخدم أنجزت واجهة الإظهار والإدخال الخاصة بالنظام بوساطة واجهة مستخدم بيانية Graphical (GUI) User Interface التي يؤمنها برنامج الماتلاب باعتبارها تؤدي الوظائف المطلوبة لتسهيل عمليات الإظهار والإدخال.

6.4.3 النتائج المحصلة ومناقشتها:

اعتماداً على البيانات الموضحة في الفقرة (6.2) والتي جرى خلالها توضيح الحدود الدنيا والعليا للمعاملات الحيوية للإنسان والحدود التي يعتبر فيها الشخص سليم والحدود الشاذة وتم تلخيص هذه القيم في الجدول (3-3)

- بحسب النموذج المقترح الجديد يعدّ الشخص سليماً إذا كان ضمن الحدود السليمة للمعاملات الحيوية ومريض إذا كان خارج هذه الحدود مع رفض أي قيم ضمن الحدود المرفوضة.
- أما حسب نموذج دورة الذكاء التي ستتم مقارنة نتائج النموذج وفقاً له فيعتبر الشخص سليماً إذا كان ضمن الحدود السليمة للمعاملات الحيوية ومريض إذا كان خارج هذه الحدود سواء كان ضمن الحدود المرفوضة أو خارجها.

الجدول (3-3) القيم السليمة والحدود الشاذة للمعاملات الحيوية [الباحث]

الحدود المرفوضة "الشاذة"	القيم التي يعتبر ضمنها الشخص سليم			المعامل الحيوي
	تحت سن 15	بين سن 15 و 50	فوق سن 50	
أقل من 35 أعلى من 41	38-36.5	38-36.1	39-37	الحرارة (درجة سلسيوس)
أقل من 0 أعلى من 12	5-0	12-0	4-0	السرعة (كم / ساعة)
أقل من 40 أعلى من 200	160-75	180-50	120-60	النبض (نبضة/دقيقة)
أقل من 30 أعلى من 120	80-40	100-80	100-60	الأكسجة (PaO2)
أقل من 5 أعلى من 35	25-10	30-10	20-10	تدفق الهواء (نفس في الدقيقة)

ولُخصت القيم التي تعدّ فيها الحالة المدروسة مريضة في الجدول (3-4).

الجدول (3-4) قيم المعاملات الحيوية التي يعدّ ضمنها الشخص مريضاً

المعامل الحيوي	القيم التي يعتبر ضمنها الشخص مريض		
	تحت سن 15	بين سن 15 و 50	فوق سن 50
الحرارة (درجة سلسيوس)	أقل من 36.5 أكثر من 38	أقل من 36.1 أكثر من 38	أقل من 37 أكثر من 39
السرعة (كم / ساعة)	أكثر من 5	أكثر من 12	أكثر من 4
النبض (نبضة/دقيقة)	أقل من 75 أكثر من 160	أقل من 50 أكثر من 180	أقل من 60 أكثر من 100
الأكسجة (PaO2)	أقل من 40 أكثر من 80	أقل من 80 أكثر من 100	أقل من 60 أكثر من 100
تدفق الهواء (نفس في الدقيقة)	أقل من 10 أكثر من 25	أقل من 10 أكثر من 30	أقل من 10 أكثر من 20

1.6.4.3 تطبيق أول صفة حُسنَت في النموذج المقترح وهي عملية الدمج معاً في آنٍ واحدٍ:

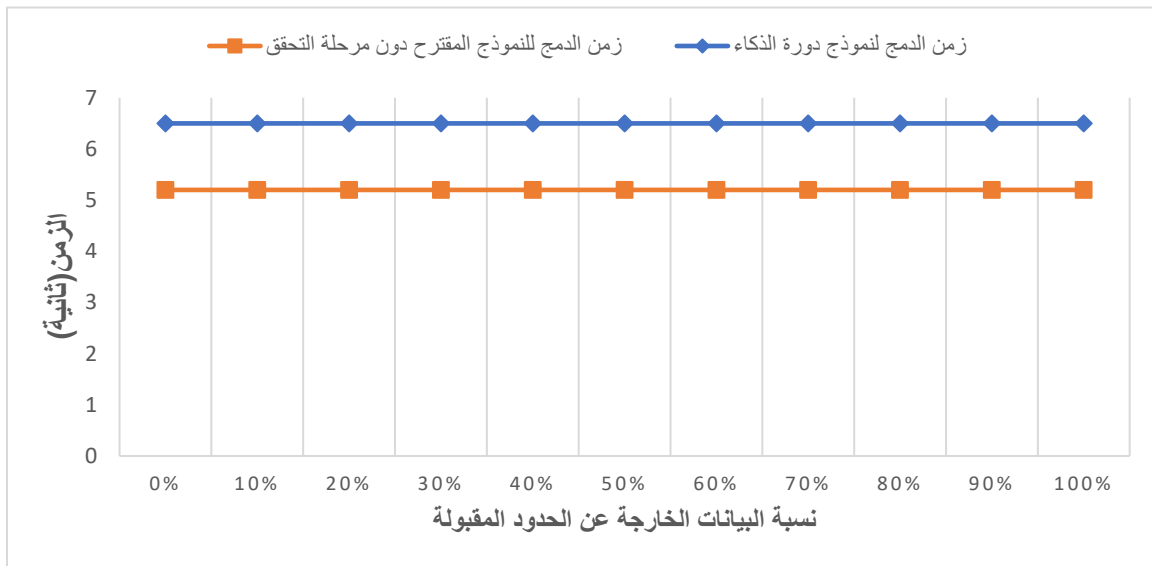
أُجريت عملية دمج البيانات في تطبيق تشخيص الحالة الصحية بالاعتماد على المعاملات الحيوية باستخدام نموذج الذكاء، وقياس زمن الدمج لمليون عينة تعبر كل عينة عن قراءات الحساسات الستة للمعاملات الحيوية لشخص مع تغيير نسبة بيانات الحساسات الخارجة عن الحدود المقبولة "الشاذة" لقراءة كل قيمة من القيم الحيوية للإنسان التي زُيدت بنسبة 10% بكل مرحلة ، ومقارنتها مع زمن الدمج للعينات نفسها دون مرحلة التحقق من صحة القراءة أي فقط بمرحلتَي الدمج في آنٍ معاً، كما أُحصيت العينات المريضة باستخدام النموذج المقترح دون مرحلة التحقق لكل نسبة للحدود المرفوضة "الشاذة" والمقارنة مع قيم الزمن وعدد الحالات المريضة الناتجة عن تطبيق نموذج دورة الذكاء (Intelligence cycle) والذي يعدّ النموذج الأقرب للنموذج المقترح و يتميز بالدورية ووجود مرحلة نشر في نهايته ويتكون من أربعة مستويات وجرى التوصل الى النتائج الموضحة في الجدول (3-5).

الجدول (3-5) النتائج الزمنية المحصلة من اختبار النموذج المقترح دون مرحلة التحقق مع نموذج دورة الذكاء [الباحث]

نسبة البيانات الخارجة عن الحدود المقبولة "المرفوضة"	زمن الدمج مع تطبيق نموذج الذكاء (ثانية)	عدد الحالات المريضة باستخدام نموذج دورة الذكاء	زمن الدمج مع تطبيق النموذج المقترح بدون مرحلة التحقق فقط بمرحلتَي الدمج في آنٍ معاً (ثانية)	عدد الحالات المريضة باستخدام النموذج المقترح دون مرحلة التحقق
0%	6.5	798538	5.2	798538
10%	6.5	818887	5.2	818887
20%	6.5	838667	5.2	838667
30%	6.5	858958	5.2	858958
40%	6.5	878655	5.2	878655

899203	5.2	899203	6.5	%50
919623	5.2	919623	6.5	%60
939309	5.2	939309	6.5	%70
959621	5.2	959621	6.5	%80
979911	5.2	979911	6.5	%90
1000000	5.2	1000000	6.5	%100

ويوضح الشكل (3-10) زمن دمج العينات مع نسبة القيم الخارجة عن الحدود المقبولة "المرفوضة" في البيانات



الشكل (3-10) النتائج الزمنية المحصلة من اختبار النموذج المقترح دون مرحلة التحقق مع نموذج دورة الذكاء [الباحث]

نستنتج من الجدول (3-5) الملاحظات الآتية:

1. زمن الدمج لنموذج دورة الذكاء أكبر من زمن الدمج لتطبيق النموذج المقترح دون مرحلة التحقق أي بمرحلتين الدمج معاً، وذلك بسبب أن مرحلة الدمج الثانية تجري مع مرحلة الدمج الأولى في آنٍ معاً، أي أن زمن الدمج لها لا يحتسب بالزمن الكلي للدمج لأنها المرحلة الأسرع فهي تقوم بدمج ثلاث

معلومات بشكل مباشر (حالة النبض - حالة الأكسجة - حالة درجة الحرارة) وتعطي نتيجة واحدة فقط تعبر عن حالة الشخص الصحية بشكل عام على عكس المرحلة الأولى التي تتألف من ثلاث مراحل دمج كل منها تقوم بدمج البيانات القادمة من الحساسين المرتبطين ببعضهما (حساس الحرارة - حساس التدفق مع حساس الأكسجة - حساس النبض مع حساس السرعة) وتسجيل ثلاث معلومات تعبر عن (حالة النبض - حالة الأكسجة - حالة درجة الحرارة).

2. أن عدد العينات المريضة (أي عدد الأشخاص ذوي المعاملات الحيوية خارج الحدود السليمة سواء كانت خارج الحدود المقبولة أو داخلها على سبيل المثال في حال كانت درجة الحرارة أكبر من 38.1 ولكن تحت ال 41 فإن درجة الحرارة تعدّ مرتفعة وأن الحالة مريضة كذلك الأمر فيما إذا كانت درجة الحرارة أكبر من 41 (نتيجة خطأ في القراءة) فبالنسبة لنموذج دورة الذكاء والنموذج المقترح (دون مرحلة التحقق) أيضاً يعدّ عدد الحالات المريضة متساوياً نتيجة تطبيق نموذج دورة الذكاء والنموذج المقترح دون مرحلة التحقق وذلك بسبب غياب مرحلة التحقق التي تكون مسؤولة عن استثناء القيم المرفوضة "الشاذة" وعدم اعتبارها كقراءات صالحة وبالتالي نفي توصيف العينة على أنها عينة لشخص مريض.

3. نلاحظ أنّ زمن الدمج مع تطبيق نموذج دورة الذكاء لا يتأثر بنسبة العينات الخارجة عن الحدود المقبولة لأنه يقوم بالعمليات نفسها سواء كانت ضمن الحدود المقبولة أو خارجها.

4. من الطبيعي تطابق عدد الحالات المريضة في كلا النموذجين لأن النموذج المقترح يُنفذ بغياب مرحلة التحقق.

2.6.4.3 تطبيق عملية التحقق من صحة القيم المدخلة فقط دون الدمج في آن معاً

ومقارنته مع نموذج دورة الذكاء:

أجريت عملية دمج البيانات في تطبيق تشخيص الحالة الصحية بالاعتماد على المعاملات الحيوية باستخدام نموذج الذكاء، وقياس زمن الدمج لمليون عينة تعبر كل عينة عن قراءات الحساسات الستة للمعاملات الحيوية لشخص مع تغيير نسبة بيانات الحساسات الخارجة عن الحدود المقبولة "الشاذة"، ومقارنتها مع زمن دمج العينات نفسها لنموذج الدمج المقترح بإضافة عملية التحقق من قيم البيانات المدخلة دون عملية الدمج في آن معاً، وجرى التوصل الى النتائج الآتية الموضحة في الجدول (3-6).

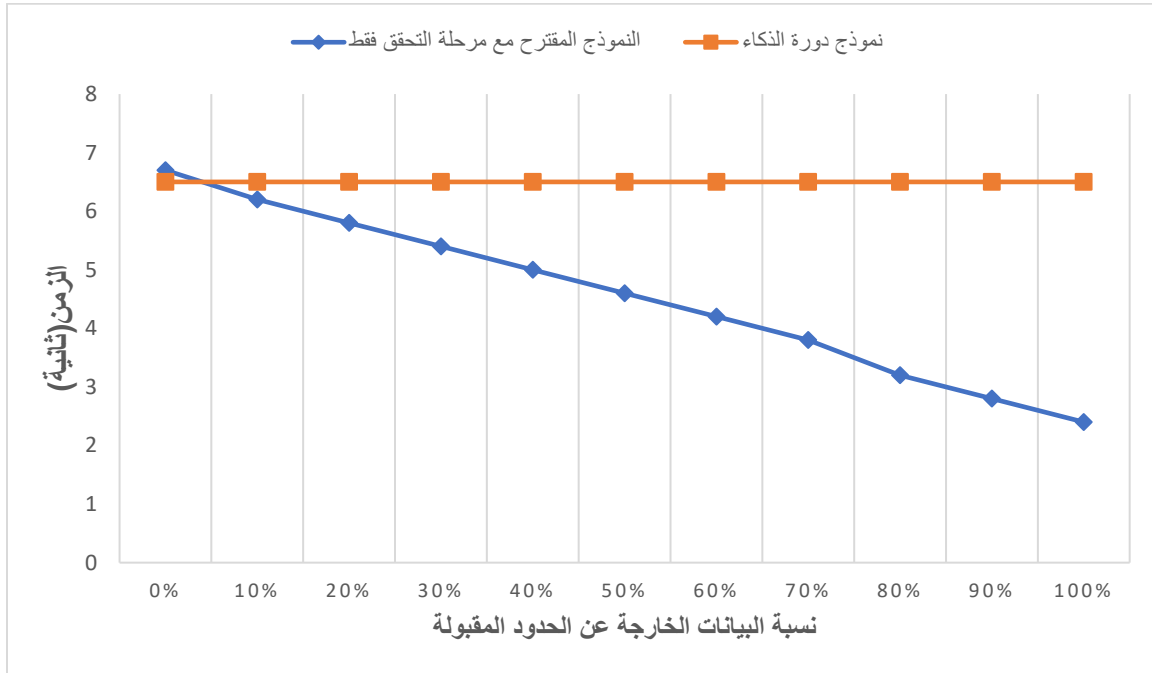
الجدول (3-6) النتائج الزمنية المحصلة من اختبار النموذج المقترح (مرحلة التحقق فقط) مع نموذج دورة

الذكاء [الباحث]

نسبة البيانات الخارجة عن الحدود المقبولة "المرفوضة"	زمن الدمج مع تطبيق نموذج الذكاء (ثانية)	عدد الحالات المريضة باستخدام نموذج دورة الذكاء	زمن الدمج مع تطبيق النموذج المقترح (ثانية)	عدد الحالات المريضة باستخدام النموذج مع مرحلة التحقق فقط دون تنفيذ جزء الدمج في آن معاً
0%	6.5	798538	6.7	798538
10%	6.5	818887	6.2	718887
20%	6.5	838667	5.8	638667
30%	6.5	858958	5.4	558958
40%	6.5	878655	5.0	478655
50%	6.5	899203	4.6	399203
60%	6.5	919623	4.2	319623
70%	6.5	939309	3.8	239309
80%	6.5	959621	3.2	159621

79911	2.8	979911	6.5	%90
0	2.4	1000000	6.5	%100

ويوضح الشكل (3-11) زمن الدمج العينات مع نسبة القيم الخارجة عن الحدود المقبولة "الشاذة" في البيانات:



الشكل (3-11) النتائج الزمنية المحصلة من اختبار النموذج المقترح (مرحلة التحقق فقط) مع نموذج دورة الذكاء [الباحث]

نستنتج من الجدول (3-6) ما يلي:

1. في حال كانت نسبة البيانات المرفوضة 0% فإن التطبيق المقترح بمرحلة التحقق فقط يستهلك وقتاً في دمج البيانات أكبر من الوقت الذي يستهلكه نموذج دورة الذكاء للبيانات نفسها وذلك بسبب الوقت المضاف الناتج عن مرحلة التحقق، ولكن نكون بذلك قد تأكدنا من أن البيانات المدخلة جميعها ضمن الحدود المقبولة للمعاملات الحيوية.

2. مع ازدياد نسبة البيانات المرفوضة "الشاذة" ينخفض الزمن اللازم لدمج البيانات ذلك يعود إلى أن البيانات المرفوضة "الشاذة" تُكتشف قبل الدخول في مرحلة الدمج وتسجل قيمة واحدة في قاعدة البيانات (مصنوفة النتائج) تعبر عن وجود خطأ في قراءة الحساس ولا تجري مرحلة الدمج الطويلة (أربع عمليات دمج وأربع عمليات تسجيل في قاعدة البيانات).

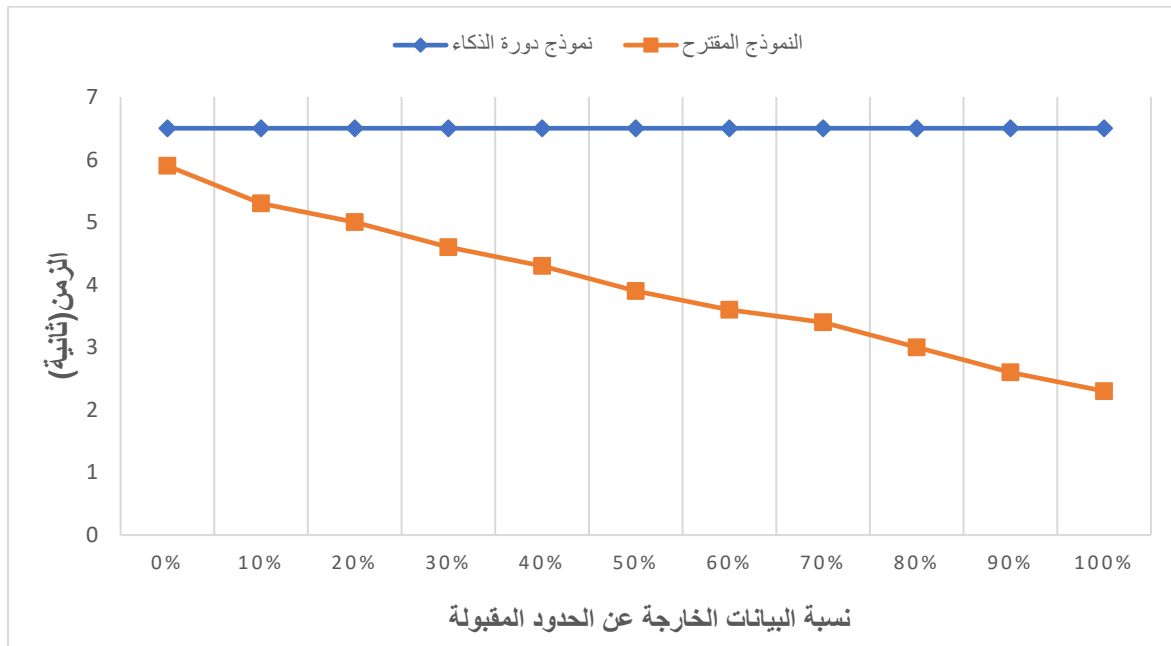
3. إن عدد الحالات أو العينات المريضة المعالجة من خلال نموذج دورة الذكاء تشمل الحالات المريضة فعلاً والحالات الخارجة عن الحدود المقبولة أم في حال تطبيق النموذج المقترح مع مرحلة التحقق فقط فإن عدد الحالات المريضة هو عدد الحالات المريضة فعلياً من العينات المقبولة "غير الشاذة" على سبيل المثال في حال نسبة بيانات مرفوضة أو الشاذة 50% يكون عدد العينات المريضة باستخدام النموذج المقترح مع مرحلة التحقق فقط هو 399203 من أصل 500000 عينة بياناتها غير شاذة أما 500000 عينة الباقية فبياناتها شاذة ولا يجوز احتسابها على أنها حالات مريضة كما يجري في نموذج دورة الذكاء الذي يوضح وجود 899203 حالة مريضة من أصل 1000000، أي إن وجود مرحلة التحقق يعطي تقييماً أدق للحالات والبيانات المعالجة.

يوضح الجدول (3-7) المقارنة بين النموذج المقترح كاملاً (بعمليتي الدمج على التفرع والتحقق) مع نموذج الذكاء باستخدام عدد العينات نفسه:

الجدول (3-7) النتائج الزمنية المحصلة من اختبار النموذج المقترح مع نموذج دورة الذكاء [الباحث]

نسبة البيانات الخارجة عن الحدود المقبولة "المرفوضة"	زمن الدمج مع تطبيق نموذج الذكاء (ثانية)	عدد الحالات المريضة باستخدام نموذج دورة الذكاء	زمن الدمج مع تطبيق النموذج المقترح (ثانية)	عدد الحالات المريضة باستخدام النموذج المقترح
---	---	--	--	--

798538	5.9	798538	6.5	%0
718887	5.3	818887	6.5	%10
638667	5.0	838667	6.5	%20
558958	4.6	858958	6.5	%30
478655	4.3	878655	6.5	%40
399203	3.9	899203	6.5	%50
319623	3.6	919623	6.5	%60
239309	3.4	939309	6.5	%70
159621	3.0	959621	6.5	%80
79911	2.6	979911	6.5	%90
0	2.4	1000000	6.5	%100



الشكل (3-12) النتائج الزمنية المحصلة من اختبار النموذج المقترح مع نموذج دورة الذكاء [الباحث]

نلاحظ من نتائج تجريب النموذج المقترح على نظام المراقبة الشخصي السابقة ما يلي:

1. إن زمن الدمج لدورة الذكاء ثابت بغض النظر عن نسبة البيانات المرفوضة وذلك لأن النموذج لا

يحتوي على مرحلة التحقق كما النموذج المقترح التي وظيفتها استثناء هذه البيانات من عملية الدمج.

2. حين الجمع بين الصفتين الرئيسيتين للنموذج المقترح نلاحظ انخفاضاً في زمن الدمج مع ازدياد في

نسبة البيانات المرفوضة "الشاذة" بسبب وجود مرحلة التحقق التي تستثني القيم المرفوضة من عملية

الدمج وتكتفي بتسجيل وجود خطأ في قراءة أحد الحساسات. كما يعطي النموذج المقترح توصيفاً

أدق للحالة من نموذج دورة الذكاء فعلى سبيل المثال بالنسبة لنموذج دورة الذكاء عند نسبة بيانات

شاذة 100% فإن جميع العينات هي عينات مريضة أما بالنسبة للنموذج المقترح فلا توجد أي عينة

صالحة لتقييم أنها صحيحة أم مريضة أي جميع البيانات غير صالحة للدمج ولا يمكن بناء توصيف

للحالة بالاعتماد عليها.

3. إن زمن الدمج للنموذج المقترح أقل من زمن المعالجة لنموذج دورة الذكاء بغض النظر إلى نسبة

البيانات المرفوضة ويعود الفضل إلى مرحلتي التحقق والدمج بآنٍ معاً.

ويوضح الشكل (3-13) واجهة البرنامج التفاعلية التي جرى تصميمها والتي تحتوي على حقل لإدخال العمر

ونسبة البيانات المرفوضة، وحقول تقوم بعرض الزمن الذي استغرقتة عملية الدمج فضلاً عن لعدد الحالات

المريضة مع إمكانية اختيار النموذج المراد إجراء المعالجة بواسطته.

temp

Health Check

العمر 30

نسبة العيادات المفروضة 0%

☐ النموذج الجديد المقترح

☐ نموذج دورة الذكاء

تحقق

الزمن الكلي	0
عدد الحالات المريضة	0

الشكل (3-13) الواجهة التفاعلية التي جرى تصميمها للبرنامج المستخدم

الخاتمة Conclusion

بالاعتماد على النتائج المحصلة التي توضح أن قدرة النظام على إعطاء توصيف صحيح للحالة قد ازدادت (لاوجود لتوصيف خاطئ ناتج عن خطأ في القياس) لأن النتائج المرفوضة "الشاذة" يجري تصفيتها، وأن سرعة إنجاز عملية دمج البيانات ازدادت أيضاً لسببين السبب الأول هو ان عملية الدمج أصبحت تجري على مرحلتين ولا تنتظر إحدى مراحل النموذج أن تنتظر المرحلة الأخرى أن تنتهي لكي تقوم بعملها وإنما تكون جميع المراحل تعمل معاً ومع بعضها في الوقت نفسه، والسبب الثاني هو أن عدد البيانات التي تجري عملية الدمج عليها ممكن أن تكون أقل في حال وجود خطأ في البيانات المدخلة مما يقلل زمن المعالجة.

مع تطبيق النموذج المقترح على تطبيق المراقبة الصحية الموضح ظهرت قدرة هذا النموذج في معالجة البيانات بشكل أسرع من نموذج دورة الذكاء مما يؤمن متابعة لحالة المريض بالوقت الطبيعي.

الآفاق المستقبلية Future Works

يسمح التطبيق المقترح بإدخال تحسين على تطبيق المراقبة الصحية متمثلاً بإدخال قاعدة بيانات مخصصة للمعاملات الحيوية للأمراض الشائعة مما يعطي تنبؤ مبدئي بالمرض والمعاملات الحيوية غير الطبيعية بواسطة الشبكات العصبونية وهو ما يسهل عمل الطبيب ويضيق نطاق البحث عن سبب هذه التغيرات في المعاملات الحيوية للشخص. كما يمكن ربط النموذج المقترح مع عدة أنظمة تكون مسؤولة عن إجراء مراقبة عامة لأكثر من مريض وربط نتائج عملية المراقبة مع نظام يكون مسؤولاً عن توزيع هذه البيانات على مجموعة من الأطباء المسؤولين عن مراقبة حالة المرضى (في مستشفى على سبيل المثال..) وإعطاء التنبيه المناسب في حال وجود خلل في قراءة أحد الحساسات أو وجود مشكلة صحية لدى أحد المرضى بناءً على قيم معاملاته الحيوية المحصلة والمعالجة باستخدام النموذج المقترح.

References المراجع

- [1] Raol, J. R. (2009). Multi-Sensor Data Fusion with MATLAB. CRC Press.
- [2] Hall, D. L., & Llinas, J. (1997). An Introduction to Multi-Sensor Data Fusion. Proceedings of the IEEE, 85(1), 6-23.
- [3] Nwe, M. S., & Tun, H. M. (2017). Implementation of Multi-Sensor Data Fusion Algorithm. International Journal of Sensors and Sensor Networks, 5(4), 48-53.
- [4] Kolar, P., Benavidez, P., & Jamshidi, M. (2020). Survey of Data Fusion Techniques for Laser and Vision Based Sensor Integration for Autonomous Navigation. Sensors, 20(8), 2180.
- [5] Bouain, M., Ali, K. M., Berdjag, D., Fakhfakh, N., & Atitallah, R. B. (2018). An Embedded Multi-Sensor Data Fusion Design for Vehicle Perception Tasks. J. Commun., 13(1), 8-14.
- [6] Qiu, S., Zhao, H., Jiang, N., Wang, Z., Liu, L., An, Y., & Fortino, G. (2022). Multi-Sensor Information Fusion Based on Machine Learning for Real Applications In Human Activity Recognition: State-Of-The-Art And Research Challenges. Information Fusion, 80, 241-265.
- [7] Kashinath, S. A., Mostafa, S. A., Mustapha, A., Mahdin, H., Lim, D., Mahmoud, M. A., & Yang, T. J. (2021). Review of Data Fusion Methods for Real-Time and Multi-Sensor Traffic Flow Analysis. IEEE Access, 9, 51258-51276.
- [8] Muzammal, M., Talat, R., Sodhro, A. H., & Pirbhulal, S. (2020). A Multi-Sensor Data Fusion Enabled Ensemble Approach for Medical Data from Body Sensor Networks. Information Fusion, 53, 155-164
- [9] Tsanousa, A., Bektsis, E., Kyriakopoulos, C., González, A. G., Leturiondo, U., Gialampoukidis, I., & Kompatsiaris, I. (2022). A Review of Multi-Sensor Data Fusion Solutions in Smart Manufacturing: Systems and Trends. Sensors, 22(5), 1734.

- [10] Bedworth, M., & O'Brien, J. (2000). The Omnibus Model: a New Model of Data Fusion? IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 15(4), 30–36.
- [11] Dasarathy, B. V. (1997). Sensor Fusion Potential Exploitation–Innovative Architectures and Illustrative Applications. Proceedings of the IEEE, 85(1), 24–38.
- [12] Boudjemaa, R., & Forbes, A. B. (2004). Parameter Estimation Methods in Data Fusion. Article, Boudjemaa 2004 Parameter, NPL Report. CMSC 38/04
- [13] Almasri, M. M., & Elleithy, K. M. (2014, April). Data Fusion Models in WSNs: Comparison and Analysis. In Proceedings of the 2014 Zone 1 Conference of the American Society for Engineering Education (pp. 1–6). IEEE.
- [14] Hoseini, S. A., & Ashraf, M. R. (2013). Computational Complexity Comparison of Multi–Sensor Single Target Data Fusion Methods by Matlab. ArXiv Preprint ArXiv:1307.3005.
- [15] Chan, E. D., Chan, M. M., & Chan, M. M. (2013). Pulse Oximetry: Understanding its Basic Principles Facilitates Appreciation of its Limitations. Respiratory Medicine, 107(6), 789–799.
- [16] Bates, A. (2014). Mechanics of Airflow in Human Inhalation. Article, Imperial College London.
- [17] Ånell, R., Grönkvist, M., Gennser, M., & Eiken, O. (2021). Hyperoxic Effects on Decompression Strain During Alternating High and Moderate Altitude Exposures. Aerospace Medicine and Human Performance, 92(4), 223–230.
- [18] Elcner, J., Jedelsky, J., Lizal, F., & Jicha, M. (2013). Velocity Profiles in Idealized Model of Human Respiratory Tract. In EPJ Web of Conferences (Vol. 45, p. 01025). EDP Sciences.
- [19] Uth, M. F., Koch, J., & Sattler, F. (2016). Body Core Temperature Sensing Challenges and New Sensor Technologies. Procedia Engineering, 168, 89–92.

- [20] Baddour, L. M., Bettmann, M. A., Bolger, A. F., Epstein, A. E., Ferrieri, P., Gerber, M. A., & Taubert, K. A. (2003). Nonvalvular Cardiovascular Device–Related Infections. *Circulation*, 108(16), 2015–2031.
- [21] Islam, M. S., Paul, G., Ong, H. X., Young, P. M., Gu, Y. T., & Saha, S. C. (2020). A Review of Respiratory Anatomical Development, Air Flow Characterization and Particle Deposition. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2), 380.
- [22] Narczyk, P., Siwiec, K., & Pleskacz, W. A. (2016, April). Precision Human Body Temperature Measurement Based on Thermistor Sensor. In 2016 IEEE 19th International Symposium on Design and Diagnostics of Electronic Circuits & Systems (DDECS) (pp. 1–5). IEEE.
- [23] Massaroni, C., Nicolò, A., Lo Presti, D., Sacchetti, M., Silvestri, S., & Schena, E. (2019). Contact–Based Methods for Measuring Respiratory Rate. *Sensors*.
- [24] Kwok, A. C., Funk, L. M., Baltaga, R., Lipsitz, S. R., Merry, A. F., Dziekan, G., & Gawande, A. A. (2013). Implementation of the World Health Organization Surgical Safety Checklist, Including Introduction of Pulse Oximetry, in a Resource–Limited Setting. *Annals of Surgery*, 257(4), 633–639.
- [25] Dwyer, D. B., & Gabbett, T. J. (2012). Global Positioning System Data Analysis: Velocity Ranges and a New Definition of Sprinting for Field Sport Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(3), 818–824.
- [26] Yang, S., Mohr, C., & Li, Q. (2011). Ambulatory Running Speed Estimation Using an Inertial Sensor. *Gait & Posture*, 34(4), 462–466.
- [27] Schutz, Y., & Chambaz, A. (1997). Could a Satellite–Based Navigation System (GPS) be Used to Assess the Physical Activity of Individuals on Earth. *European Journal of Clinical Nutrition*, 51(5), 338–339.

- [28] Cast, F.(2013). A Review of Data Fusion Techniques, The Scientific World Journal, vol. 2013, Article ID 704504, 19 pages, 2013.
- [29] Siciliano, B., Khatib, O., & Kröger, T. (Eds.). (2016). Springer Handbook of Robotics (Vol. 200). Berlin: Springer.
- [30] Zlatanov, N. (2015). Arduino and Open-Source Computer Hardware and Software. J. Water, Sanit. Hyg. Dev,10(11), 1–8.
- [31] Vo, B. N., Singh, S., & Doucet, A. (2003, July). Sequential Monte Carlo Implementation of The PHD Filter for Multi-Target Tracking.In Proc. Int'l Conf. On Information Fusion (pp. 792–799).
- [32] Esteban, J., Starr, A., Willetts, R., Hannah, P., & Bryanston-Cross, P. (2005). A Review of Data Fusion Models and Architectures: Towards Engineering Guidelines. Neural Computing & Applications, 14(4), 273–281.
- [33] Hall, D. L., & McMullen, S. A. (2004). Mathematical Techniques in Multi-Sensor Data Fusion. Artech House.
- [34] Machin, G., Brettle, D., Fleming, S., Nutbrown, R., Simpson, R., Stevens, R., & Tooley, M. (2021). Is Current Body Temperature Measurement Practice Fit-for-Purpose?. Journal of Medical Engineering & Technology, 45(2), 136–144.
- [35] KV, P., & RAI, A. (2017).Pulse Oxymeters: Medical Instrument Used For Continuously Monitoring The Blood Oxygen Saturation Using Non-Invasive Method.International Journal of Recent Advances in Signal & Image Processing [ISSN: 2581-477X (online)], 1(1).
- [36] Parametric Specs for Bio-Sensors Available online <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30205.pdf>. (Accessed on 27 Sep 2022).
- [37] https://www.mathworks.com/help/matlab/import_export/mat-file-versions.html. © 1994–2022 The MathWorks, Inc. (Accessed on 26 Sep 2022).

[38] Parametric Specs for Bio-Sensors Available online https://files.seedstudio.com/wiki/Grove-Human_Presence_Sensor-AK9753/res/AK9753.pdf (Accessed on 27 Sep 2022).

[39] Parametric Specs for Bio-Sensors. Available Online <https://maximintegrated.com/en/products/interface/signal-integrity/MAX30101.html>max30102 (Accessed on 27 Sep 2022).

[40] Parametric Specs for Bio-Sensors. Available online <https://www.pasco.com/search?sefocus=everything&q=PS-2133+&seexact=no>. (Accessed on 27 Sep 2022).

[41] Parametric Specs for Bio-Sensors. Available online/[https:// datasheets .maximintegrated.com/en/ds/MAX30102.pdf](https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30102.pdf) .(Accessed on 27 Sep 2022).

الملاحق Appendices

الرماز البرمجي ضمن برنامج Visual Studio 2019

code of randome asmples:

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using Microsoft.Office.Interop.Excel;
using System.IO;
namespace randomgenreater
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            String x = "1";
            int errorpersintage = 1;
            var rnd = new Random();
            var list = new List<double>();
            int MaxSpeedVlaue = 10;
            int MinSpeedValue = 0;
            for (int i = 0; i < 1000000; i++)
            {
```

```

        if (i < errorpersintage*100000)
        {
            var n = Math.Round(((rnd.NextDouble() * 9) +
MaxSpeedVlaue), 0);
            list.Add(n);
        }
        else
        {
            var n = Math.Round(((rnd.NextDouble() * 9) +
MinSpeedValue), 0);
            list.Add(n);
        }
    }

    using (StreamWriter sw = File.CreateText(@"E:\Master\app
2\matlab\speed_" + x + "0.csv"))
    {
        for (int i = 0; i < list.Count; i++)
        {
            sw.WriteLine(list[i]);
        }
    }

    list.Clear();
    int MaxTemp1Vlaue = 42;
    int MinTemp1Value = 36;
    for (int i = 0; i < 1000000; i++)
    {
        if (i < errorpersintage * 100000)

```

```

        {
            var n = Math.Round(((rnd.NextDouble() * 5) +
MaxTemp1Vlaue), 0);
            list.Add(n);
        }
        else
        {
            var n = Math.Round(((rnd.NextDouble() * 5) +
MinTemp1Value), 0);
            list.Add(n);
        }
    }

    using (StreamWriter sw = File.CreateText(@"E:\Master\app
2\matlab\temp1_" + x + "0.csv"))
    {
        for (int i = 0; i < list.Count; i++)
        {
            sw.WriteLine(list[i]);
        }
    }
    list.Clear();
    int MaxTemp2Vlaue = 42;
    int MinTemp2Value = 36;
    for (int i = 0; i < 1000000; i++)
    {
        if (i < errorpersintage * 100000)
        {

```

```

        var n = Math.Round(((rnd.NextDouble() * 5) +
MaxTemp2Vlaue), 0);
        list.Add(n);
    }
    else
    {
        var n = Math.Round(((rnd.NextDouble() * 5) +
MinTemp2Value), 0);
        list.Add(n);
    }
}

using (StreamWriter sw = File.CreateText(@"E:\Master\app
2\matlab\temp2_" + x + "0.csv"))
{
    for (int i = 0; i < list.Count; i++)
    {
        sw.WriteLine(list[i]);
    }
}

list.Clear();
int MaxPulseVlaue = 181;
int MinPulseValue = 50;
for (int i = 0; i < 1000000; i++)
{
    if (i < errorpersintage * 100000)
    {

```

```

        var n = Math.Round(((rnd.NextDouble() * 130) +
MaxPulseVlaue), 0);
        list.Add(n);
    }
    else
    {
        var n = Math.Round(((rnd.NextDouble() * 130) +
MinPulseValue), 0);
        list.Add(n);
    }
}

using (StreamWriter sw = File.CreateText(@"E:\Master\app
2\matlab\pulseValue_" + x + ".csv"))
{
    for (int i = 0; i < list.Count; i++)
    {
        sw.WriteLine(list[i]);
    }
}
list.Clear();

int MaxOXVlaue = 121;
int MinOXValue = 50;
for (int i = 0; i < 1000000; i++)
{
    if (i < errorpersintage * 100000)
    {
        var n = Math.Round(((rnd.NextDouble() * 70) +
MaxOXVlaue), 0);

```

```

        list.Add(n);
    }
    else
    {
        var n = Math.Round(((rnd.NextDouble() * 70) +
MinOXValue), 0);
        list.Add(n);
    }
}

using (StreamWriter sw = File.CreateText(@"E:\Master\app
2\matlab\oxvalue_" + x + ".csv"))
{
    for (int i = 0; i < list.Count; i++)
    {
        sw.WriteLine(list[i]);
    }
} list.Clear();
int MaxAIRVlaue = 23;
int MinAIRValue = 5;
for (int i = 0; i < 1000000; i++)
{
    if (i < errorpersintage * 100000)
    {
        var n = Math.Round(((rnd.NextDouble() * 17) +
MaxAIRVlaue), 0);

        list.Add(n);
    }
}

```

```

    }
    else
    {
        var n = Math.Round(((rnd.NextDouble() * 17) +
MinAIRValue), 0);

        list.Add(n);
    }
}

using (StreamWriter sw = File.CreateText(@"E:\Master\app
2\matlab\airvalue_"+ x +"0.csv"))
{
    for (int i = 0; i < list.Count; i++)
    {
        sw.WriteLine(list[i]);
    }
}
}
}

```

الرماز البرمجي في الماتلاب (2016a) Matlab

```

load matlab.mat sensor1
load matlab.mat sensor2
load matlab.mat pulse
load matlab.mat air
load matlab.mat ox
load matlab.mat speed

```

```

load matlab.mat limitvalues
function varargout = temp(varargin)

gui_Singleton = 1;

gui_State = struct('gui_Name',      mfilename, ...
                   'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @temp_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn', @temp_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn', [] , ...
                   'gui_Callback', []);

if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

function temp_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)

handles.output = hObject;

guidata(hObject, handles);

function varargout = temp_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)

```

```

varargout{1} = handles.output;

function check_Callback(hObject, eventdata, handles)

tic

r =1;

alltime = 0;

x=1;

error=0;

model1=get(handles.radiobutton1,'Value');
model2=get(handles.radiobutton2,'Value');
errorpersintage=get(handles.popupmenu1,'Value');

sensor1 = cell(1000000,1);
sensor2 = cell(1000000,1);
pulse = cell(1000000,1);
air = cell(1000000,1);
ox = cell(1000000,1);
speed = cell(1000000,1);

if (errorpersintage == 1)    %0 percent

load matlab.mat temp1_0;load matlab.mat temp2_0;load matlab.mat
pulseValue_0;

load matlab.mat airvalue_0; load matlab.mat oxvalue_0;load matlab.mat
speed_0;

```

```

sensor1 = temp1_0; sensor2 = temp2_0; pulse = pulseValue_0;

air = airvalue_0;ox = oxvalue_0;speed = speed_0;

else if (errorpersintage == 2) %10 percent

load matlab.mat temp1_10;load matlab.mat temp2_10;load matlab.mat
pulseValue_10;

load matlab.mat airvalue_10; load matlab.mat oxvalue_10;load matlab.mat
speed_10;

sensor1 = temp1_10;sensor2 = temp2_10;pulse = pulseValue_10;

air = airvalue_10;ox = oxvalue_10;speed = speed_10;

else if (errorpersintage == 3) %20 percent

load matlab.mat temp1_20;load matlab.mat temp2_20;load matlab.mat
pulseValue_20;

load matlab.mat airvalue_20; load matlab.mat oxvalue_20;load matlab.mat
speed_20;

sensor1 = temp1_20;sensor2 = temp2_20;pulse = pulseValue_20;

air = airvalue_20;ox = oxvalue_20;speed = speed_20;

else if (errorpersintage == 4) %30 percent

load matlab.mat temp1_30;load matlab.mat temp2_30;load matlab.mat
pulseValue_30;

load matlab.mat airvalue_30; load matlab.mat oxvalue_30;load matlab.mat
speed_30;

sensor1 = temp1_30;sensor2 = temp2_30;pulse = pulseValue_30;

air = airvalue_30;ox = oxvalue_30;speed = speed_30;

```

```

else if (errorpersintage == 5) %40 percent

load matlab.mat temp1_40;load matlab.mat temp2_40;load matlab.mat
pulseValue_40;

load matlab.mat airvalue_40; load matlab.mat oxvalue_40;load matlab.mat
speed_40;

sensor1 = temp1_40;sensor2 = temp2_40;pulse = pulseValue_40;

air = airvalue_40;ox = oxvalue_40;speed = speed_40;

else if (errorpersintage == 6) %50 percent

load matlab.mat temp1_50;load matlab.mat temp2_50;load matlab.mat
pulseValue_50;

load matlab.mat airvalue_50; load matlab.mat oxvalue_50;load matlab.mat
speed_50;

sensor1 = temp1_50;sensor2 = temp2_50;pulse = pulseValue_50;

air = airvalue_50;ox = oxvalue_50;speed = speed_50;

else if (errorpersintage == 7) %60 percent

load matlab.mat temp1_60;load matlab.mat temp2_60;load matlab.mat
pulseValue_60;

load matlab.mat airvalue_60; load matlab.mat oxvalue_60;load matlab.mat
speed_60;

sensor1 = temp1_60;sensor2 = temp2_60;pulse = pulseValue_60;

air = airvalue_60;ox = oxvalue_60;speed = speed_60;

else if (errorpersintage == 8) %70 percent

```

```

load matlab.mat temp1_70;load matlab.mat temp2_70;load matlab.mat
pulseValue_70;

load matlab.mat airvalue_70; load matlab.mat oxvalue_70;load matlab.mat
speed_70;

sensor1 = temp1_70; sensor2 = temp2_70; pulse = pulseValue_70;

air = airvalue_70; ox = oxvalue_70; speed = speed_70;

else if (errorpersintage == 9)    %80 percent

load matlab.mat temp1_80;load matlab.mat temp2_80;load matlab.mat
pulseValue_80;

load matlab.mat airvalue_80; load matlab.mat oxvalue_80;load matlab.mat
speed_80;

sensor1 = temp1_80; sensor2 = temp2_80; pulse = pulseValue_80;

air = airvalue_80; ox = oxvalue_80; speed = speed_80;

else if (errorpersintage == 10)    %90 percent

load matlab.mat temp1_90;load matlab.mat temp2_90;load matlab.mat
pulseValue_90;

load matlab.mat airvalue_90; load matlab.mat oxvalue_90;load matlab.mat
speed_90;

sensor1 = temp1_90; sensor2 = temp2_90; pulse = pulseValue_90;

air = airvalue_90; ox = oxvalue_90; speed = speed_90;

else if (errorpersintage == 11)    %100 percent

load matlab.mat temp1_100;load matlab.mat temp2_100;load matlab.mat
pulseValue_100;

```

```

load matlab.mat airvalue_100; load matlab.mat oxvalue_100;load matlab.mat
speed_100;

sensor1 = temp1_100; sensor2 = temp2_100; pulse = pulseValue_100;

air = airvalue_100; ox = oxvalue_100; speed = speed_100;

    end

end

    end

    end

    end

    end

    end

    end

    end

end

    unhealtycases = 0;

if (model2) %New Model

    parpool('local',2)

while r <= 10

    q = cputime;

age= str2double(get(handles.age,'string'));

```

```

n1 = length(sensor1);
n2 = length(sensor2);
n3 = length(pulse);
n4 = length(air);
n5 = length(ox);
n6 = length(speed);

lenghtarray = [n1,n2,n3,n4,n5,n6];

result = cell(1000000,4);

t = 1;

while t <= lenghtarray

temp1 = sensor1(t);
temp2 = sensor2(t);
speedValue = speed(t);
pulseValue = pulse(t);
oxvalue = ox(t);
airvalue = air(t);

f1=0;
f2=0;
f3=0;
if (temp1 > 42) || (temp1 < 35) || (temp2 > 42) || (temp2 < 35) ||(speedValue>9)
|| (oxvalue > 120) || (oxvalue < 50) || (airvalue >22) ||(airvalue<5) ||(pulseValue
> 180) || (pulseValue < 50)

```

```

    result(t,1) = {'Invalid Data'};

    t = t+1;

    error=error+1;

else

temp = (temp1+temp2)/2;

if temp > 38.1

    result(t,2) = {'fever'};

elseif (temp <=38.1) && (temp >36.4)

    result(t,2) ={'Normal'};

    f1=1;

elseif (temp >35 ) && (temp <36.4)

    result(t,2) = {'low Temp'};

end

if (age <100) && (age > 15)

    if (speedValue < 5) && (pulseValue >= 100)

        result(t,3) = {'high pulse rate'};

    else if (speedValue >= 5) &&(pulseValue >(220-age))

        result(t,3) = {'high pulse rate'};

    else if (speedValue >= 5) &&(pulseValue <(220-age))&& (pulseValue >= 60)

        result(t,3) = {'normal pulse rate'};

        f2=1;

```

```

else if (speedValue < 5) && (pulseValue < 100) && (pulseValue >= 60)

    result(t,3) = {'normal pulse rate'};

    f2=1;

else if (speedValue <= 9) && (pulseValue < 60)

    result(t,3) = {'low pulse rate'};

end

end

end

end

end

else if (speedValue < 5) && (pulseValue > 110)

    result(t,3) = {'high pulse rate'};

else if (speedValue > 5) &&(pulseValue >160)

    result(t,3) = {'high pulse rate'};

else if (speedValue > 5) &&(pulseValue <160)&& (pulseValue >= 70)

    result(t,3) = {'normal pulse rate'};

    f2=1;

else if (speedValue < 5) && (pulseValue < 110) && (pulseValue >= 70)

    result(t,3) = {'normal pulse rate'};

    f2=1;

end

```

```

        end

    end

end

end

if (airvalue <= 16) && (airvalue >= 12)

    if (oxvalue >= 60) && (oxvalue <= 110)

        result(t,4) = {'normal ox level'};

        f3=1;

    else if (oxvalue < 60)

        result(t,4) = {'low ox level'};

    else if (oxvalue > 110)

        result(t,4) = {'high ox level'};

    end

end

end

end

else if (airvalue > 16)

    if (oxvalue >= 60) && (oxvalue < 120)

        result(t,4) = {'normal ox level'};

        f3=1;

    else if (oxvalue < 60)

        result(t,4) = {'low ox level'};

    end

end

end

```

```

        else if (oxvalue > 120)
            result(t,4) = {'high ox level'};
        end
    end
end

else if (airvalue < 12)
    if (oxvalue >= 50) && (oxvalue < 110)
        result(t,4) = {'normal ox level'};
        f3=1;
    else if (oxvalue < 50)
        result(t,4) = {'low ox level'};
    else if (oxvalue > 110)
        result(t,4) = {'high ox level'};
    end
    end
end

end

end

end

% if (strcmpi(result(t,4),{'normal ox level'})) && (strcmpi(result(t,3),{'normal pulse
rate'}))&&(strcmpi(result(t,2),{'Normal'}));

```

```

% if(f1==1 && f2==1 && f3==1)

%     result(t,1) ={'Normal'};

% else result(t,1) ={'Not Stable'};

% end

% [result(t,1)] = secondFution(result(t,4),result(t,3),result(t,2));

% parpool local 2

    t= t+1;

    if(f1==1 && f2==1 && f3==1)

        resultt ={'Normal'};

    else resultt ={'Not Stable'};

        unhealthycases =unhealtycases+1;

    end

end

end

r = r+1

e = cputime-q;

alltime = e + alltime;

end

toc

tottime= alltime/10

error=error/10

```

```

unhealtycases = unhealtycases/10;

set(handles.text16, 'String', unhealtycases);

set(handles.text10, 'String', tottime);

delete(gcf('nocreate'))

else if (model1) %intelgice cycle Model

    while r <= 10

        q = cputime;

age= str2double(get(handles.age,'string'));

n1 = length(sensor1);

n2 = length(sensor2);

n3 = length(pulse);

n4 = length(air);

n5 = length(ox);

n6 = length(speed);

lengtharray = [n1,n2,n3,n4,n5,n6];

result = cell(1000000,4);

t = 1;

while t <= lengtharray

temp1 = sensor1(t);

temp2 = sensor2(t);

speedValue = speed(t);

```

```

pulseValue = pulse(t);

oxvalue = ox(t);

airvalue = air(t);

f1=0;

f2=0;

f3=0;

temp = (temp1+temp2)/2;

if temp > 38.1

    result(t,2) = {'fever'};

elseif (temp <=38.1) && (temp >36.4)

    result(t,2) ={'Normal'};

    f1=1;

elseif (temp <36.5)

    result(t,2) = {'low Temp'};

end

if (age <100) && (age > 15)

    if (speedValue < 5) && (pulseValue >= 100)

        result(t,3) = {'high pulse rate'};

    else if (speedValue >= 5) &&(pulseValue >(220-age))

        result(t,3) = {'high pulse rate'};

    end
end

```

```

    else if (speedValue >= 5) &&(pulseValue <(220-age))&& (pulseValue >= 60)
result(t,3) = {'normal pulse rate'};

        f2=1;

    else if (speedValue < 5) && (pulseValue < 100) && (pulseValue >= 60)

        result(t,3) = {'normal pulse rate'};

        f2=1;

    else if (speedValue <= 9) && (pulseValue < 60)

        result(t,3) = {'low pulse rate'};

    end

    end

    end

    end

    end

else if (speedValue < 5) && (pulseValue > 110)

    result(t,3) = {'high pulse rate'};

else if (speedValue > 5) &&(pulseValue >160)

    result(t,3) = {'high pulse rate'};

else if (speedValue > 5) &&(pulseValue <160)&& (pulseValue >= 70)

    result(t,3) = {'normal pulse rate'};

    f2=1;

```

```

else if (speedValue < 5) && (pulseValue < 110) && (pulseValue >=
70)

    result(t,3) = {'normal pulse rate'};

    f2=1;

end

end

end

end

end

if (airvalue <= 16) && (airvalue >= 12)

    if (oxvalue >= 60) && (oxvalue <= 110)

        result(t,4) = {'normal ox level'};

        f3=1;

    else if (oxvalue < 60)

        result(t,4) = {'low ox level'};

    else if (oxvalue > 110)

        result(t,4) = {'high ox level'};

    end

end

end

end

else if (airvalue > 16)

```

```

if (oxvalue >= 60) && (oxvalue < 120)

    result(t,4) = {'normal ox level'};

    f3=1;

else if (oxvalue < 60)

    result(t,4) = {'low ox level'};

    else if (oxvalue > 120)

        result(t,4) = {'high ox level'};

    end

end

end

else if (airvalue < 12)

    if (oxvalue >= 50) && (oxvalue < 110)

        result(t,4) = {'normal ox level'};

        f3=1;

    else if (oxvalue < 50)

        result(t,4) = {'low ox level'};

    else if (oxvalue > 110)

        result(t,4) = {'high ox level'};

    end

end

end

end

```

```

        end

    end

end

if(f1==1 && f2==1 && f3==1)

    result(t,1) ={'Normal'};

else result(t,1) ={'Not Stable'};

    unhealthycases =unhealthycases+1;

end

t =t+1;

end

r = r+1

e = cputime-q;

alltime = e + alltime;

    end

toc

tottime= alltime/10

error=error/10

unhealthycases =unhealthycases/10;

set(handles.text10, 'String', tottime);

set(handles.text16, 'String', unhealthycases);

end

```

end

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)

function age_Callback(hObject, eventdata, handles)

function age_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');

end

function temp2_Callback(hObject, eventdata, handles)

function temp2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');

end

function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)

function popupmenu1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

set(hObject,'BackgroundColor','white');

end

function uipanel1_SizeChangedFcn(hObject, eventdata, handles)

function radiobutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

```
set(handles.radiobutton2, 'Value', 0);  
  
function radiobutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)  
  
set(handles.radiobutton1, 'Value', 0);
```