



# بنية برمجية لتقييم المتحكمات المبنية بالمنطق الضبابي في الطائرة من دون طيار

الصديق احمد الصديق محمد ، هاني عمار

جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا كلية علوم و تقنية المعلومات

جامعة وست فرجينيا

[seddegahmed@yahoo.com](mailto:seddegahmed@yahoo.com)

[hammar@wvu.edu](mailto:hammar@wvu.edu)

**المخلص:** في هذه الورقة سوف نقوم بتطوير أسلوب للتقييم قائم على المنطق الضبابي في بناء المتحكمات. التي تعمل علي التحكم في الطائرات بدون طيار وتقييم درجة الحكم الذاتي لنظام الطائرات بدون طيار، في هذه النقطة لدينا اثنين من السمات التي نريد أن يتم تقييمها، **أولا** تطوير طريقة تقييم لتقييم أداء عناصر التحكم، **ثانيا** تطوير طريقة تقييم لتقييم درجة الحكم الذاتي وذلك من خلال مكونات وحدة التحكم. وقد قمنا بتوفير بنية جديدة تعمل كأسلوب للتقييم في شكل رسم بياني أسميناه (spidergraph) حيث تمثل إحدائيات الرسم مجموعة سمات التقييم، وهذا يعطي نموذج موحد للتقييم حيث توفر طريقة التقييم قيم أساسية لعملية اتخاذ القرارات الإجرائية المناسبة في تطبيق استراتيجيات معمارية مفيدة لمجتمع مستخدمي الطائرات من دون طيار، وتشمل الأساليب المستخدمة لتقييم مستوى المخاطر، مشاكل الاتصالات، وتوافر وأداء أجهزة الاستشعار، والتشغيل الآلي، والتفاعل الإنساني. **كلمات مفتاحية:** بنية برمجية للتقييم، المنطق الضبابي، متحكمات ذات تحكم ضبابي، تحكم مستند علي المنطق الضبابي، سمات الجودة.

## 1. مقدمة:

لم يكن هناك أي دراسة منهجية يمكن أن توفر طريقة لتقييم الحكم الذاتي الكامل في الطائرات بدون طيار التي تستند علي نظام تحكم مبني علي المنطق الضبابي .

إن مستخدمين الطائرات بدون طيار يحتاجون إلي مجموعة من المعايير أو الأساليب لتستخدم كأداة، والتي يمكن من خلالها تقييم الخصائص الهامة الناتجة من استخدام المنطق الضبابي الذي يستند عليه نظام السيطرة علي الطائرات بدون طيار.

هناك حاجة لتطوير أو عمل طريقة للتقييم كأداة لتقييم مكونات التحكم المستندة علي المنطق الضبابي للطائرات بدون طيار وتقييم الحكم الذاتي لمكونات التحكم في الطائرات بدون طيار.

لكل من المكونات التحكم يجب أن نقيم سمتان. أولا الجودة والأداء، ثانيا مكونات تحكم استقلالية الطائرات بدون طيار. .

في الدراسات السابقة يمكن التعرف على الكثير من الأساليب في التقييم، منها المحاكاة، والسيناريوهات، و النمذجة الرياضية، والاستدلال المبني على التجربة.

و قد قمنا بدراسة الأساليب المتبعة في التقييم و قمنا بتحديد عناصرها و سماتها التي تم تقييمها و ما هو القصور أو القيود علي تلك العناصر.



وقد وجدنا قضية مفتوحة مثيرة للاهتمام حول التقييم على درجة الحكم الذاتي وأداء مكونات نظام التحكم في الطائرات بدون طيار.

من استطلاعنا لا تزال هناك العديد من المشاكل مع القدرة على التكيف مع أساليب التقييم الحالية، والتي تحتاج إلى تحسين للاستخدام العام.

طريقة تقييم الحكم الذاتي للطائرة بدون طيار يجب أن تتنوع وتعدد أبعادها، والتسلسل الهرمي، والطبيعة الابتدائية والثانوية للهدف المطبق والنظام نفسه، بحيث يمكن تجنب الغموض في صياغة وصف استقلالية الطائرات بدون طيار.

في هذه الورقة سوف نعرض طريقة للتقييم مصحوبة بالخطوات المنهجية للحل مع توضيح وافي لكل خطوة من الخطوات ومن ثم نوضح نتائج ونقاط القوة الناتجة من تطبيق طريقة التقييم.

### الطريقة:

لدينا اثنين من السمات التي نريد أن نبنى طريقة محددة لتقييمها:

أولاً: تطوير طريقة تقييم لتقييم أداء عناصر التحكم.

ثانياً: تطوير طريقة تقييم لتقييم درجة الحكم الذاتي وذلك من خلال مكونات وحدة التحكم.

### 2. 1 الخطوات المنهجية للحل

**الخطوة 1:** تحديد بنية النظام.

**الخطوة 2:** تحديد نموذج التحكم الضبابي.

**الخطوة 3:** تحدد الخطوات لطريقة التقييم المعتمد على السيناريو لتقييم الأداء والحكم الذاتي.

**الخطوة 4:** استخدام دراسات الحالة مع سيناريوهات بعثات طيران متعددة لتطبيق أسلوب التقييم.

**الخطوة 5:** تحديد التغييرات الممكنة لتعزيز الأداء والحكم الذاتي.

### خطوه 1: تحديد بنية النظام

تم تصنيف مكونات النظام العام للطائرات بدون طيار إلى عنصرين رئيسيين هما :

(أ) **الديناميكا الهوائية والبيئة:** وهذا يحتوي على الإرشاد ومجموعة المحركات و يستخدم هذا النظام لوصف ديناميكيات الطائرة بدون طيار في بيئتها.

(ب) **نظام التحكم:** الذي يتكون من "لوحة التحكم"، وهو مزيج من اثنين من وحدات تحكم قد تستخدم المنطق الضبابي، واحدة منهم للاتفاف (وحدة تحكم جانبي) والثانية للصعود والهبوط (وحدة التحكم الطولي) شكل رقم (3). و يستخدم هذا النظام للتوجيه والملاحة والتحكم والثبات، والاتصالات.

### النظام العام للطائرات بدون طيار

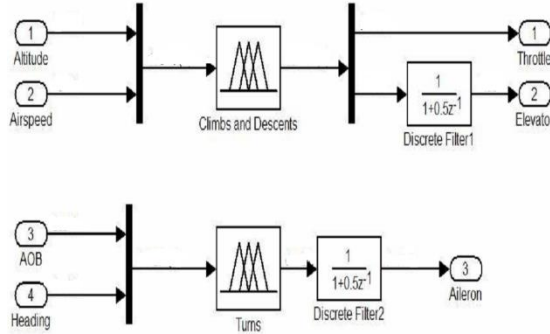
الشكل (1) يظهر UAV الطائرة بدون طيار على اتصال مع جميع مكونات نظام التحكم باستخدام فئة الرسم البياني UML لعرض عناصر وظيفية رئيسية .





إن نموذج المنطق الضبابي للمتحكمات (الصعود والهبوط و الدوران)، يبين تنفيذ نظم الاستدلال الضبابي (FIS) و الذي يدير عمليات الصعود و الهبوط مع سيطرة طولية في حركة الطائرات وكذلك يتحكم في الدوران مع سيطرة الحركة الجانبية للطائرة. الشكل (4)

وقد تم استخدام مرشحات منفصلة من أجل تذليل القيم وتحسين السيطرة على الطائرة ،حيث تولد قيم للحفاظ على استقرار الطائرة .

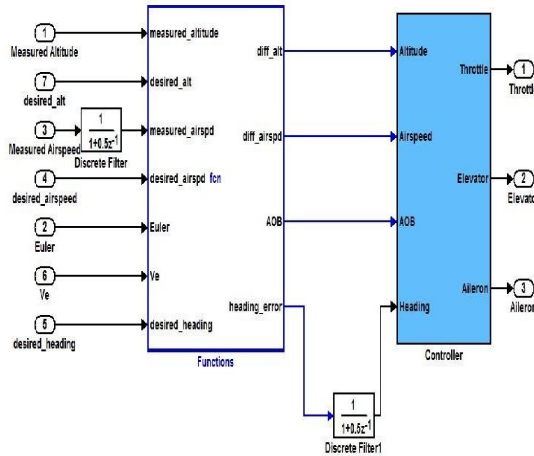


شكل ( 4 ) المتحكمات الضبابية في نموذج التحكم

إن مدير الطيران يرسل الأوامر إلى وحدة التحكم عن طريق حساب الخطأ بين الحالة المنشودة والحالة الحالية للطائرات . ومن ثم يتم حساب الفرق في الارتفاع و الفرق في السرعة الجوية و الاختلاف في التوجه بين القيم المطلوبة و القيم التي تم قياسها.

ثم يتم تمرير هذه القيم إلى وحدات التحكم كمدخلات .وبناء على هذه القيم المدخلة سوف يتم إرسال قيم تحكم التحريك إلى المحركات.

إن نظام التحكم الضبابي الاستدلالي الذي يطبق علي المتحكمات مبني من مجموعة من القواعد المنطقية التابعة للمنطق الضبابي لتمثيل المدخلات و المخرجات للنظام.



شكل 5 يوضح المتحكمات الضبابية المستخدمة في الطائرة

الخطوة 3: تحديد الخطوات لطريقة التقييم القائم على السيناريو



خطوات طريقة التقييم القائمة على السيناريو لتقييم الأداء والحكم الذاتي للطائرة من دون طيار وهي كالآتي:

- أ) أهداف و سيناريوهات البعثات أو الرحلات للطائرات بدون طيار.
- ب) القرارات المعمارية.
- ت) صفات الجودة (الأداء والحكم الذاتي).

أ) أهداف و سيناريوهات البعثات أو الرحلات للطائرات بدون طيار.

لقد أخذنا عدد من البعثات للطائرات بدون طيار كمدخل لنموذجنا المقترح، كل مهمة تمثل سيناريو واحد لدراسة حالتنا.

هذه البعثات هي نموذج طائرة ذات محرك واحد من طراز سيسنا 172- مع قيم التحكم في الطائرات التي يتم تزويدها عن طريق ملف التكوين أو البناء.



شكل (6) صورة توضح الطائرة 172-Cessna-Aerosonde

ب) القرارات المعمارية (النموذج المقترح).

النموذج المقترح لطريقة التقييم لديه نقطة أصل مع عدة محاور تشع منة. يمثل كل محور جانبا من التقييم، وهذه هي التكنولوجيا الرئيسية التي من خلالها سوف نحدد درجة الحكم الذاتي لنظام الطائرات بدون طيار وكذلك مستوى الأداء.

لكل الطائرات بدون طيار، هناك رسم (spidergraph) لكل رحله من رحلات التقييم، ومستوى المقابلة لكل محور يشكل مدى التقييم لكل عنصر من عناصر التقييم كما في الشكل (7).





### شكل (7) يوضح (spidergraph)

معنى المتغيرات المستخدمة في النموذج في أنظمة الطائرات بدون طيار هي على النحو التالي.

على سبيل المثال: في مجال بحوث الطائرات بدون طيار هناك تم تصميم ثلاث وحدات تحكم منطق ضبابي لكمبيوتر الملاحه من أجل السيطرة على الإرتفاع، و العنوان وسرعة الطيران .

إن كافة وحدات التحكم الثلاثة تعمل معا في تركيبه تمكن من إبحار الطائرات بدون طيار.

على سبيل المثال قيم مهمة الطائرة تمثل مكونات وحدة التحكم مع مؤشر الزمن  $t$  و احداثيات  $i, j$  .

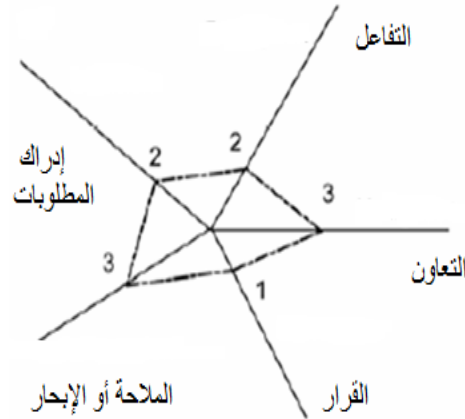
حيث درجة الحكم الذاتي أو الأداء في النطاق من  $100\% +$  إلى  $0\%$ ، حيث تعني  $100\% +$  أقصى درجة و  $0\%$  يعني ادني درجة. نتائج العمليات الحسابية من الممكن أن تعرض من قبل spidergraph، حيث مكونات التحكم بالنسبة لمهمات الطائرات بدون طيار وضعت في الوقت  $T_0$ ، أو  $T_{50}$  أو  $T_{100}$ .

هذه الطريقة تمكنا من البحث عن التغيير الديناميكي في درجة الحكم الذاتي أو أداء الطائرات بدون طيار التي يقدمها الرسم من خلال التغيير الذي يحدث في قيم الإحداثيات من ناحية الزيادة أو النقصان في قيم قراءات عناصر التحكم.

### ت. سمات الجودة بالنسبة للأداء والحكم الذاتي

اقترحنا عدد من السمات المرطبه بأداء الطائرات بدون طيار وكذلك الحكم الذاتي من اجل أن يتم التقييم علي مدي أو درجة توفرها في تصميم مهمة أو رحلة الطائرة : وهي كالتالي :

- 1- التفاعل.
- 2- التعاون.
- 3- القرار.
- 4- الملاحه أو الإبحار .
- 5- إدراك المطلوبات.



### شكل (8) spidergraph مع سمات الجودة

الخطوة 4 :استخدام (دراسات الحالة) مع سيناريوهات بعثات طيران متعددة لتطبيق أسلوب التقييم.

نحن نستخدم (دراسات الحالة) مع سيناريوهات بعثات متعددة لتطبيق طريقة التقييم.



إن مهمة دراسة الحالة هذه هي لمعالجة البيانات و إخراجها في شكل معلومات على شكل مناسب وجعلها متاحة في شكل رسوم بيانية لمجتمع الطائرات بدون طيار و الهدف هنا هو توفير وسيلة مشتركة لمعالجة البيانات وتوفير آلية عامة لإدخال أشكال جديدة للبيانات وخوارزميات للمعالجة اللازمة.

فيما يلي عناصر التحكم التي من الممكن تغيير قيمها في كل السيناريوهات وذلك لإجراء عدد من السيناريوهات المختلفة لإجراء التقييم اللازم لأداء الطائرة :

1- الارتفاع.

- 2- سرعة الطيران.
- 3- الحركة الراسية.
- 4- زاوية الانحدار أو الميل.
- 5- شريحة الوقت.
- 6- حجم الخطوة.
- 7- نقاط الطريق المرحلية.

#### خطوة 5: تحديد التغييرات الممكنة لتعزيز الأداء والحكم الذاتي.

النموذج المطبق هنا هو عبارة عن نظام تحكم ذو حلقة تغذية راجعة في ظل وجود النظم الفرعية المبنية بداخله. تقارير هذا النظام ذو حلقة التغذية الراجعة يوضح حالة الرحلة بصوره دورية كل 0.005 ثانية وهذا الزمن يسمى شريحة الوقت.

يمكن ضبط زمن شريحة الوقت وفقا لاختيار المستخدم. ويمكن أن يكون من نوع ثابت أو متغير.

نحن يمكن أن نغير شريحة الوقت لكل البعثات.

كما يمكننا زيادة أو إنقاص حجم الخطوة باستخدام وسائل منع الخطأ لتحقيق درجة تحمل النظام الذي يحدده المستخدم

دقة وطول الفترة الزمنية تعتمد على حجم الخطوات التي اتخذتها البعثة أو الرحلة :

كل ما كان حجم الخطوة أصغر كلما كانت هناك دقة أكثر للنتائج ولكن هذا يؤدي إلي تأخر البعثة أو الرحلة.

إن الطائرات تصبح غير مستقرة إذا تم استخدام القيم من نطاقات خارج النطاق المحدد من قبل المصنعين الجدول التالي يوضح مدى التغيير المسموح بتطبيقه في قيم التحكم في حالة القيم المدخلة أو المخرجة كما في الجدول رقم (1)

Variable	Range
<b>Inputs</b>	
Altitude	[-26 26]
Airspeed	[0 15]
Heading	[-1.5 1.5]
Angle of Bank	[-0.4 0.4]
<b>Outputs</b>	
Throttle	[0 1]
Elevator	[0 0.9]
Aileron	[-0.075 0.075]
Rudder	0

جدول قيم الشركات المصنعة الافتراضية

## 2. النتائج



نوضح فيما يلي نتائج ونقاط القوة الناتجة من تطبيق طريقة التقييم :

1. توفر طريقة التقييم قيم أساسية لعملية اتخاذ القرارات الإجرائية المناسبة في تطبيق استراتيجيات معمارية معينة.
2. توفر الطريقة إجراء يمكن أن يحدد مستوى الأداء لتغيير معين لعناصر تحكم النظام.
3. إن هذه الطريقة تساعد في تحليل و تقييم عناصر التحكم عن طريق اعتماد تلك الاستراتيجيات المعمارية التي يتم من خلالها تعظيم المكاسب وتقليل المخاطر.

#### 4.الخلاصة

بعد تحديد نقاط القصور في أنظمة وأساليب تقييم أداء و درجة التحكم الذاتي في الطائرات من دون طيار، اقترحنا توفير طريقة تقييم لعمل المتحكمات المنية علي أساس المنطق الضبابي، ومن ثم حددنا خطوات منهجية للحل توضح بنية النظام و نموذج التحكم الضبابي وطبقنا عدد من السيناريوهات لتقييم الأداء و الحكم الذاتي من خلال دراسة حالات محددة و من ثم قمنا بتحديد التغييرات الممكنة لتعزيز الأداء و تحديد درجة الحكم الذاتي و الأداء.

#### 5. المراجع

- [1] James K. Kuchar, MIT Lincoln Laboratory“ Safety Analysis Methodology For Unmanned Aerialvehicle (Uav) Collision Avoidance Systems”.
- [2] Meng-Lun Tsai a, \*, Kai-Wei Chiang a, Yi-Hsing Tseng a, Jiann-You Rau a, Yun-Wen Huang a, Cheng-Fang Lo b “THE PERFORMANCE ANALYSIS OF A UAV BASED MOBILE MAPPING SYSTEM “ Dept. of Geomatics, National Cheng Kung University, Taiwanb GeoSat Informatics Technology Corporation, Taiwan
- [3] DemozGebre-EgziabherZhiqiang Xing March 2011 “ Analysis of Unmanned Aerial Vehicles Concept of Operations in ITS Applications” Department of Aerospace Engineering & Mechanics University of Minnesota
- [4]. SeferKurnaz ·Omer Cetin · OkyayKaynak.“ Fuzzy Logic Based Approach to Design of Flight Control and Navigation Tasks for Autonomous Unmanned Aerial Vehicles”Received: 15 March 2008 / Accepted: 30 June 2008 / Published online: 1 October 2008 © Springer Science + Business Media B.V. 2008
- [5]. Omer Cetin 1, SeferKurnaz 2, Okyay Kaynak1,3 “Fuzzy Logic Based Approach to Design of Autonomous Landing System for Unmanned Aerial Vehicles “ 1. Turkish Air Force Academy, ASTIN o.cetin@hho.edu.tr, Yesilyurt, Istanbul, 34807 Turkey 2. Turkish Air Force Academy, ASTIN Yesilyurt, Istanbul, 34807 Turkey 3. Department of Electrical and Electronic Engineering, Bogazici University, o.kaynak\_at\_ieee.org, Bebek, 80815 Istanbul / Turkey
- [6]Roopashree.S #1, Shubha Bhat#3:Deepika K.M #2 “Fuzzy Kalman Approach to Control the Navigation of Unmanned Aerial Vehicles“ 1, 3 Department of Computer Science and Engineering, Dayananda Sagar College of Engineering, Affiliated to VTU, Bangalore-560078, India.2 Department of Information Science and Engineering, NitteMeenakshiInstiute of Technology, Affiliated to VTU, Bangalore-560064, India.





- [7] L. Doitsidis, K. P. Valavanis 1 N. C. Tsourveloudis, M. Kontitsis<sup>2</sup> “A Framework for Fuzzy Logic Based UAV Navigation and Control 1- Dept. of CSEE, CRASAR University of South Florida Tampa, FL 33620 2- Dept. of Production Engineering and Management Technical University of Crete Chania 73100, Crete, Greece
- [8]. SeferKurnaz, Omer Çetin “Autonomous Navigation and Landing Tasks for Fixed Wing Small Unmanned Aerial Vehicles” Turkish Air Force Academy, ASTIN Yesilyurt, Istanbul, 34807 Turkey
- [9]. Kimberly Bickraj 1,Aylin Yenilmez<sup>2</sup>, Ming Li, Ibrahim N<sup>3</sup> ”Fuzzy Logic Based Integrated Controller for Unmanned Aerial Vehicles”<sup>1</sup>. Thierry Pamphile Florida International University Department of Mechanical and Materials Engineering .2. Istanbul Technical University Faculty of Mechanical EngineeringGumussuyu, Istanbul 34439 Turkey
3. Tansel Florida International University Department of Mechanical and Materials Engineering
- [10]. SWETHA PANDHITI“Blackboard Architecture for An Unmanned Aerial Vehicle Controller Using Fuzzy Inference Systems.“ B.Tech, Jawaharlal Nehru Technological University Hyderabad, Andhra Pradesh, India.
- [11]. Dufrene, W.R., Jr. “Application of artificial intelligence techniques in uninhabited aerial vehicle flight. “ In: The 22nd Digital Avionics Systems Conference vol. 2, pp. 8.C.3–8.1-6 (2003)
- [12]. Li, Y., Sundararajan, N., Sratchandran, P. “Neuro-controller design for nonlinear fighter aircraft maneuver using fully tuned RBF networks” . Automatica 37, 1293–1301 (2001)
- [13]. Borrelli, F., Keviczky, T., Balas, G.J “Collision-free UAV formation flight using decentralized optimization and invariant sets”. In: 43rd IEEE Conference on Decision and Control vol. 1, pp. 1099–1104 (2004)
- [14].Marin, J.A., Radtke, R., Innis, D., Barr, D.R., Schultz,A.C“ Using a genetic algorithm to develop rules to guide unmanned aerial vehicles” In: Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 1, pp. 1055–1060. (1999)
- [15]. Ren, W., Beard, R.W.“ CLF-based tracking control for UAV kinematic models with saturationconstraints”. In: Proceedings of the 42nd IEEE Conference on Decision and Control, vol. 4, pp.3924–3929 (2003)
- [16]. Dathbun, D., Kragelund, S., Pongpunwattana, A., CapozziB.: “An evolution based path planning algorithm for autonomous motion of a UAV through uncertain environments” .In: Proceedings of the 21st Digital Avionics Systems Conference vol. 2, pp. 8D2-1–8D2-12 (2002)



- [18]. Global Robotic Observation System, Definition Of Aerosonde UAV Specifications: <http://www.aerosonde.com/aircraft/>
- [19]. Unmanned Dynamics, Aerosim Aeronautical Simulation Block Set Version 1.2 User's Guide: <http://www.u-dynamics.com/aerosim/default.htm>
- [20]. FlightGear Open-source Flight Simulator. [www.flightgear.org](http://www.flightgear.org)
- [21]. Qiau, W., Muzimoto, M.: "PID type fuzzy controller and parameter adaptive method". *Fuzzy Sets Syst.* 78, 23–35 (1995),
- [22] Huang H M. In: Messina E, Madhavan R, eds "Autonomy Levels for Unmanned Systems (ALFUS) framework: Safety and application issues.." Proceedings of the Performance Metrics for Intelligent Systems Workshop, 2007 Aug 28-30, Washington DC USA, ACM New York NY USA Press, 2007. 48–53
- [23] Suresh M, Ghose D "Role of information and communication in redefining unmanned aerial vehicle autonomous control levels.." *P I MechEng G-J Aer*, 2010, 224: 171–197
- [24] , Y. Zhao, Y. Yao, "Autopilot Design for Aerial Vehicles with Aerodynamic Surfaces and Lateral Jets Using Explicit Hybrid" MPC 1600 hrs AIAA-2015-0864 B. Yang Harbin Institute of Technology, Harbin, China 101
- [25] Defense Science Board "TASK FORCE REPORT: The Role of Autonomy in DoD Systems," Department of Defense, July 2012.
- [26] DIEM P.G., HIEN N.V., KHANH N.P. An Object-Oriented Analysis and Design Model to Implement Controllers for Quadrotor UAVs by Specializing MDA's Features with Hybrid Automata and Real-Time UML.