

أنظمة معالجة المعلومات المعتمدة على المنطق ثلاثي القيم

د. جعفر سلمان *

(تاريخ الإبداع 2022/ 8/23 . قُبل للنشر في 2022/ 10/19)

□ ملخص □

تم خلال هذا البحث اقتراح منطق جبري algebra مبني على تعابير افتراضية من ثلاثة أنواع هي: "صحيح" و "خاطئ" و "غير محدد" indefinite. تم توضيح إمكانية تطبيق المنطق ثلاثي القيم المقترح على أنظمة التحكم البيئي والمهام البيولوجية biomedical tasks. تم تطبيق هذا المنطق بشكل خاص على تحليل الشبكات العصبونية. الكلمات المفتاحية: منطق ثلاثي القيم، أبسط جهاز استشعار، نظام الاستشعار، الشبكة العصبونية، الخلية العصبية.

Information Processing Systems Based on three-valued logic

Dr.Jaafar Salman *

(Received 23/8/ 2022 . Accepted 19/10/ 2022)

□ ABSTRACT

The paper constructed a propositional algebra from propositional expressions of three kinds: “true”, “false”, “indefinite”; the possibility of applying three-valued logic for environmental control systems and biomedical tasks is shown. In particular, its application to the analysis of neural networks is shown.

Keywords: three-valued logic; simplest sensor; sensor system; neural network.

*Teacher, Informatic Technology Engineering Department, Information and communication Technology Engineering , Tartous University, Syria .

1- مقدمة

إن الاستخدام الواسع النطاق للمنطق الضبابي fuzzy logic وغيره من المنطق لحل المشكلات العملية كما تبينه العديد من المراجع [1-22] لا يلغي الأهمية العملية للمنطق البسيط، على الأقل في العملية التعليمية. تم في هذا العمل اقتراح جبر افتراضي تكون فيه التعبيرات الافتراضية هدفاً للعمليات. نبين فيما يلي مجموعة من التعريفات الخاصة بهذا المنطق:

التعريف 1: التعبير الافتراضي propositional expression هو أي تعبير يمكن أن يكون إما صحيحاً أو خاطئاً أو غير محدد، لكن لا يمكن أن يكون الأول والثاني أو الثالث أو الأول والثالث أو الأول والثاني والثالث معاً. بعبارة أخرى نعد الإجابات الممكنة هي: "التعبير الافتراضي صحيح"، "التعبير الافتراضي خاطئ"، "التعبير الافتراضي غير محدد" ومن غير الممكن تحديد التعبير الافتراضي بصحيح أو خاطئ.

يتم الإشارة عادةً إلى التعبير الافتراضي بأحرف صغيرة من الأبجدية اللاتينية مع أو بدون مؤشرات indices. في هذا البحث أخذ كل تعبير افتراضي التسلسل التالي من المعاني: "صح"، "خطأ"، "غير محدد" (I, F, T).

التعريف 2: مضمون implication التعبيري الافتراضي p و q هو تعبير بالصيغة "p يؤدي إلى q" أو بعبارة أخرى

($p \Rightarrow q$). من خلال هذا التعريف نفترض أن المعنى الضمني $p \Rightarrow q$ هو تعبير افتراضي خاطئ إذا كان p صحيحاً و q خاطئاً. يكون التعبير الافتراضي $p \Rightarrow q$ صحيحاً في جميع الحالات الأخرى. يبين الجدول (1) جدول الحقيقة لهذا التعبير.

جدول 1: جدول الحقيقة للتعبير implication

p	q	$p \Rightarrow q$
T	T	T
F	T	T
T	F	F
F	F	T
T	I	T
F	I	T
I	T	T
I	F	T
I	I	T

التعريف 3: التعبير الافتراضي p يكافئ equivalent التعبير الافتراضي q إذا كان p و q صحيحين أو خاطئين أو غير محددتين.

المساواة المنطقية بين تعبيرين افتراضيين هي نتيجة مزدوجة: $p \Leftrightarrow q$. تم كتابة التعريف 3 ضمن الجدول 2.

جدول 2: جدول الحقيقة للمساواة المنطقية

P	q	$p \leftrightarrow q$
T	T	T
F	F	T
T	F	F
F	T	F
I	I	T
T	I	F
I	T	F
F	I	F
I	F	F

التعريف 4: اقتران *conjunction* تعبيرين افتراضيين p, q هو التعبير الافتراضي لل p و q . من خلال هذا التعريف، نفترض أن أداة الاقتران $p \wedge q$ صحيحة إذا كان كل من p و q صحيحين أو إذا كانت p و q غير محددتين وخطأ في جميع الحالات الأخرى. يبين الجدول (3) جدول الحقيقة لهذا التعريف.

جدول 3: جدول الحقيقة للاقتران

p	q	$p \wedge q$
T	T	T
F	F	F
T	F	F
F	T	F
I	I	T
T	I	I
I	T	I
F	I	I
I	F	I

يمكن إثبات النظريات التالية:

النظرية 1: عملية الاقتران (التعريف 4) هي عملية تبادلية:

$$p \wedge q \Leftrightarrow q \wedge p. \quad (1)$$

النظرية 2: عملية الاقتران (التعريف 4) هي عملية ترابطية:

$$(p \wedge q) \wedge r \Leftrightarrow p \wedge (q \wedge r). \quad (2)$$

النظرية 3: اقتران التعبير الافتراضي (التعريف 4) والتعبير الافتراضي الصحيح يكافئ التعبير

الافتراضي نفسه.

$$p \wedge q \Leftrightarrow p, \quad (3)$$

أي $q = T$.

التعريف 5: فصل *disjunction* التعابير الافتراضية p, q هو تعبير افتراضي للصيغة p أو q .

من خلال هذا التعريف نفترض أن الفصل p أو q خاطئ عندما يكون أحد التعبيرين الافتراضيين أو

كليهما خاطئاً أو عندما يكون p أو q غير محدد، عدا ذلك يكون صحيح عندما p أو q صحيح.

الجدول 4: جدول الحقيقة للفصل

P	q	$P \vee q$
T	T	T
F	F	F
T	F	T
F	T	T
I	I	T
I	T	T
T	I	T
F	I	F
I	F	F

يمكن إثبات النظريات التالية:

النظرية 4: عملية الفصل (التعريف 5) هي عملية تبادلية:

$$p \vee q \Leftrightarrow q \vee p \quad (4)$$

النظرية 5: عملية الفصل (التعريف 5) هي عملية ترابطية:

$$(p \vee q) \vee r \Leftrightarrow p \vee (q \vee r) \quad (5)$$

النظرية 6: فصل التعبير الافتراضي والتعبير الافتراضي غير المحدد يكافئ التعبير الافتراضي نفسه:

$$p \vee q \Leftrightarrow p, \quad (6)$$

أيضاً $q = I$.

النظرية 7: عمليات الاقتران والفصل المحددة في 4 و 5 توزيعية لبعضها البعض.

$$a) p \wedge (q \vee r) \Leftrightarrow (p \wedge q) \vee (p \wedge r) \quad (7)$$

$$b) p \vee (q \wedge r) \Leftrightarrow (p \vee q) \wedge (p \vee r) \quad (8)$$

2- هدف البحث:

هدف هذا البحث إلى إيجاد منطق رياضي جديد يمكن استخدامه لتحليل المعلومات المتعلقة بالتحكم البيئي التي تم الحصول عليها من الحساسات.

3- طرائق البحث ومواده:

بحكم تعريف التكافؤ المقدم في التعريف 3، فإن جميع التعبيرات الافتراضية الصحيحة متكافئة وجميع التعبيرات الافتراضية الخاطئة متكافئة وجميع التعبيرات الافتراضية غير المحددة متكافئة، نطابق جميع التعبيرات الافتراضية الصحيحة بالرمز "1" وجميع التعبيرات الافتراضية الخاطئة بالرمز "0"، وكل "z" غير محدد. بفرض لدينا المجموعة $\beta = \{0, 1, z\}$ حيث أن علاقة المساواة وفقاً للتعريف 3 هي أن 0 مكافئ لنفسه، والعنصر z يكافئ نفسه. تمت الإشارة إلى المساواة بالرمز \Leftrightarrow عندها من خلال التعريف 3 نجد: $0 = 0, 1 = 1, z = z$.

نحدد عمليتين ثنائيتين "+" و "." على هذه المجموعة من خلال المصفوفات التالية (الجدول 5)

الجدول 5: تعريف العمليات الثنائية

		p+q		
		0	1	Z
pq	0	0	1	0
	1	1	1	1
	z	0	1	Z

		p.q		
		0	1	z
Pq	0	0	0	z
	1	0	1	z
	Z	z	z	z

من الواضح أن العمليات "+" و "." المعرفة بهذه الطريقة تشبه على التوالي عمليات الفصل والاقتران. يمكن إثبات النظريات التالية:

النظرية 8: عمليات الجمع والضرب الواردة في الجدول 5 تبادلية:

$$a) p+q=q+p, \quad (9)$$

$$b) p \cdot q = q \cdot p. \quad (10)$$

النظرية 9: عمليات الجمع والضرب الواردة في الجدول 5 هي ترابطية:

$$a) (p + q) + r = p + (q + r); \quad (11)$$

$$b) (p \cdot q) \cdot r = p \cdot (q \cdot r). \quad (12)$$

النظرية 10: عمليات الجمع والضرب الواردة في الجدول 5 توزيعية بالنسبة لبعضها البعض:

$$a) p \cdot (q+r) = p \cdot q + p \cdot r; \quad (13)$$

$$b) p + q \cdot r = (p+q) \cdot (p+r). \quad (14)$$

تم تحديد عمليات الجمع والضرب، وتم إثبات تبادليتها، وترابطها، وتوزيعها.

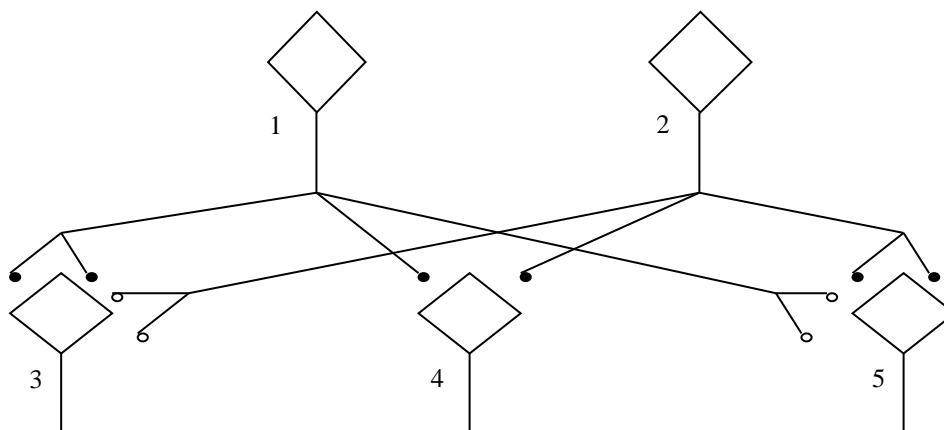
4- النتائج والمناقشة

يمكن استخدام النظام الرياضي المقدم أضمن الفقرات السابقة لتحليل المعلومات المتعلقة بالتحكم البيئي التي تم الحصول عليها من مجموعة حساسات لاسلكية. تم في هذا العمل تفسير طريقة عمل الحساس في إطار ثلاث قيم "صحيح" و "خطأ" و "غير محدد". تم توضيح إمكانيات استخدام هذا النظام للمشاكل المنهجية والبيولوجية، وبشكل محدد لوصف الشبكات العصبونية.

يقوم الجهاز العصبي nervous system للإنسان بإدراك المنبهات التي تعمل على الجسم ويعالج الإشارات التي تنشأ خلال هذه العملية ويشكل استجابات تكيفية تبعاً لهذه المنبهات.

يتكون النسيج العصبي nervous tissue من خلايا عصبية (عصبونات) وظيفتها هذه الخلايا هي نقل النبضات pulses. تلعب المشابك المثبطة inhibitory synapses دوراً رئيسياً في عمليات التنظيم العصبي حيث تحصر عملية تحفيز الجسم بعدد قليل من الخلايا العصبية وذلك لعملية التوجيه أو لمعالجة المزيد من المعلومات في المراكز العصبية في الدماغ.

يبين الشكل (1) شبكة عصبونية لمحاكاة خلايا الانسان مكونة من خمسة خلايا عصبية.



الشكل 1: الشبكة العصبونية لخلية الانسان

الخلايا 1، 2 عبارة عن محاور عصبية axons، أما 3، 4، 5 فهي خلايا عصبية. يُشار إلى المشابك بواسطة دوائر سوداء، أما المشابك المثبطة بواسطة دوائر بيضاء. من المعروف أنه إذا كان المحور 1 هو المُثار فقط فإنه يعطي الإثارة من خلال نقاط الاشتباك العصبي (المشار إليها بالدوائر السوداء) فقط للخلية العصبية 3 أما بالنسبة للخلية العصبية 4 يكون النبض المثار ضعيفاً للغاية، وتقود المشابك المثبطة (المشار إليها بالدوائر البيضاء) إلى الخلية العصبية 5. إذا تم إثارة المحاور العصبية 1 و 2 بشكل معاً فإن الإثارة تنتقل فقط إلى الخلية العصبية 4، لأن المشابك المثبطة تعيق وصول الإثارة إلى الخلايا العصبية 3 و 5.

فرضنا نفس المشكلة في إطار النظام الرياضي الذي تم تقديمه لوصف نظام التحسس.

نفترض أن "1" يتوافق مع إثارة الخلية العصبية، و "0" مع غياب الإثارة، و "Z" إلى عدم وجود أي معلومات من الخلية العصبية (في حالة خلل الخلية أو موتها)، تم عرض المعلومات التي ترسلها المشابك في الجدول 6.

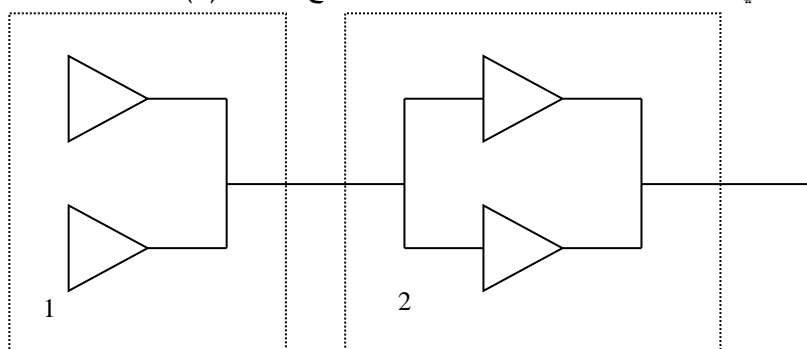
الجدول 6: المعلومات المنقولة عن طريق المشابك

Exciting synapse	Inhibitory synapse	Note
1	0	Axonis excited
0	1	Axonis not excited
Z	Z	Axonis not valid

تمت الإشارة إلى كل مشبك بمثلث متساوي الساقين ويرمز الشعاع الخارج من الأعلى إلى معلوماته.

بالعودة إلى المشكلة المطروحة تكون الخلايا العصبية 3 و 5 محاطة باثنين من المشابك المثيرة واثنين من

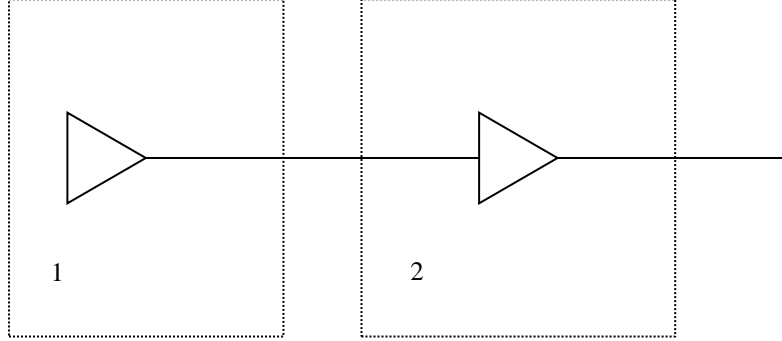
المشابك المثبطة، وبالتالي يمكن تمثيلها بشكل متماثل كما هو موضح بالشكل (2)



الشكل 2 تمثيل تخطيطي للخلايا العصبية 3 و 5

1، 2 هي المحاور المقابلة.

هناك نوعان من المشابك المثارة للخلية العصبية 4، إلا أنه لا يكفي أحد المشابك لإثارة الخلايا العصبية. فمنا بافتراض هذه المشابك كوصلة متسلسلة لمتلثات متساوية الساقين (الشكل 3).



الشكل 3 تمثيل تخطيطي للخلايا العصبية 4

وفقاً لخصائص التبديل والترابط والتوزيع في الشكلين 2 و 3 يمكن تغيير ترتيب نقاط المشابك العصبية للخلايا العصبية الأولى والثانية ولن تتغير النتيجة التي نحصل عليها. في الحالة الأولى عندما يكون المحور العصبي 1 مُثاراً ولا يكون المحور العصبي 2 مُثاراً يتم بالنسبة للخلايا العصبية 3 إثارة اثنين من المشابك، ولا تتم إثارة المشابك المثبطة المقابلة، وبالتالي لدينا:

$$(1 + 1) \cdot (1 + 1) = 1$$

بالنسبة للخلايا العصبية 4 أحد المشابك يكون هو مُثار فقط :

$$1 \cdot 0 = 0$$

بالنسبة للخلايا العصبية 5 يعمل اثنان من المشابك المثبطة، بينما لا تعمل المشابك الأخرى:

$$(1 + 1) \cdot (0 + 0) = 0$$

أي أن الخلية العصبية الرابعة هي الوحيدة المثارة.

يوجد تقارب بين نتائج الأساليب التقليدية والطريقة المقترحة ومع ذلك فإن الطريقة التي تم تطويرها تسمح لنا أيضاً بدراسة الشبكات العصبونية الأولية تلقائياً في حالة عدم وجود معلومات من الخلايا العصبية في حالة حدوث خلل في الخلايا العصبية أو الموت.

5- الاستنتاجات

1. تم بناء الجبر من تعبيرات افتراضية مكونة من ثلاثة أنواع: "صح"، "خطأ"، "غير محدد" عن طريق القياس مع المنطق الرياضي التقليدي
2. بالنسبة للتعريفات المقدمة للاقتران والفصل تم تأكيد خصائص التبادلية والترابطية والتوزيع.

يوضح البحث إمكانية استخدام المنطق ثلاثي القيم لأنظمة التحكم البيئي والمهام البيولوجية وتم عرض تطبيقه على تحليل الشبكات العصبونية.

6- المراجع

1. Mistri, T., Bhowmick, R., Katarkar, A., Chaudhuri, K., & Ali, M. (2017). A novel three-input monomolecular logic circuit on a rhodamine inspired bio-compatible bi-compartmental molecular platform. *Journal of Luminescence*, 185, 228-235.
2. Hv, J., Harsha, K., Kaushik, M., Anusha, K., & Divya, B. M. (2014, April). Design and performance analysis of low power ternary ADC for wide band communication. In *2014 International Conference on Circuits, Systems, Communication and Information Technology Applications (CSCITA)* (pp. 24-29). IEEE.
3. Peng, X. W., Fan, X. P., & Liu, J. X. (2012). Performing balanced ternary logic and arithmetic operations with spiking neural P systems with anti-spikes. In *Advanced Materials Research* (Vol. 505, pp. 378-385). Trans Tech Publications.
4. Xu, C. H., Sun, W., Zheng, Y. R., Fang, C. J., Zhou, C., Jin, J. Y., & Yan, C. H. (2009). Logic circuits constructed with an ion-sensitive fluorescent molecule 1, 2-di [5-methoxy-2-(2-pyridyl) thiazoyl] ethyne. *New Journal of Chemistry*, 33(4), 838-846.
5. Raymo, F. M., Giordani, S., White, A. J., & Williams, D. J. (2003). Digital processing with a three-state molecular switch. *The Journal of organic chemistry*, 68(11), 4158-4169.
6. Takagi, N., & Yajima, S. (1986). A square root hardware algorithm using redundant binary representation. *Systems and Computers in Japan*, 17(11), 30-41.
7. Landsburg, G. F. (1977). A charge-balancing monolithic A/D converter. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 12(6), 662-673.
8. Harris, E. W. (1975). Coordinate Measuring Machine Data Collector. *IEEE Transactions on Industrial Electronics and Control Instrumentation*, (3), 372-374.
9. Sinclair, K. F., & Heiman, W. J. (1974). Subminiature digital ratemeter and dosimeter using MOS technology. *Health physics*, 27(1), 97-102.
10. Genchi, H., Mori, K. L., Watanabe, S., & Katsuragi, S. (1968). Recognition of handwritten numerical characters for automatic letter sorting. *Proceedings of the IEEE*, 56(8), 1292-1301.
11. Correa, G., Borello, F., & Santarelli, M. (2011). Sensitivity analysis of temperature uncertainty in an aircraft PEM fuel cell. *international journal of hydrogen energy*, 36(22), 14745-14758.
12. Wu, G., Tong, J., Zhang, L., Zhao, Y., & Duan, Z. (2018). Framework for fault diagnosis with multi-source sensor nodes in nuclear power plants based on a Bayesian network. *Annals of Nuclear Energy*, 122, 297-308.
13. Claussmann, L., O'Brien, M., Glaser, S., Najjaran, H., & Gruyer, D. (2018, June). Multi-Criteria Decision Making for Autonomous Vehicles using Fuzzy Dempster-Shafer Reasoning. In *2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (pp. 2195-2202). IEEE.
14. El Faouzi, N. E., & Klein, L. A. (2015). Data Fusion in Intelligent Traffic and Transportation Engineering: Recent Advances and Challenges. In *Multisensor Data Fusion* (pp. 586-617). CRC Press.
15. Chen, S., Deng, Y., & Wu, J. (2013). Fuzzy sensor fusion based on evidence theory and its application. *Applied Artificial Intelligence*, 27(3), 235-248.

16. Zurada, J., Wright, A. L., & Graham, J. H. (2001). A neuro-fuzzy approach for robot system safety. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 31(1), 49-64.
17. Tarassov, V. B., & Svyatkina, M. N. (2014). Using Zadeh's granulation concept: granular logics and their application to sensor data analysis. In *Recent Developments and New Directions in Soft Computing* (pp. 453-466). Springer, Cham.
18. Basarab, M. A., Konnova, N. S., Matsievskii, D. D., & Basarab, D. A. (2017, November). A 2D visualization algorithm for a single-element Doppler blood flow velocity sensor data. In *2017 Progress in Electromagnetics Research Symposium-Fall (PIERS-FALL)* (pp. 386-390). IEEE.
19. Merlo, S., Malcovati, P., Norgia, M., Pesatori, A., Svelto, C., Pnirov, A., ... & Karassik, V. (2017, June). Runways ground monitoring system by phase-sensitive optical-fiber OTDR. In *2017 IEEE International Workshop on Metrology for Aero Space (Metro Aero Space)* (pp. 523-529). IEEE.
20. Ivashina, E. A., Korlyakova, M. O., Pilipenko, A. Y., & Nikiforov, V. M. (2013). Neural network approach to the formation of intelligence video navigation system. In *20th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2013-Proceedings* (pp. 291-293).
21. Dragan, S. P., Bogomolov, A. V., & Kondrat'eva, E. A. (2016, November). Mathematical Model of Polyharmonic Signal Processing to Study the State of the Tympanic Membrane. In *2016 International Conference on Engineering and Telecommunication (EnT)* (pp. 21-25). IEEE.
- [22] ديوب، ي، مقدسيان، ل، ابراهيم، ك. "تخفيض التعقيد الحسابي في الشبكات العصبية الالتفافية التي تعتمد في بنيتها على اتصالات التخطي" منشورات جامعة طرطوس. 2022