الفصل الرابع

المخلوقات الرقمية

يمكن صياغة السؤال المحورى لموضوع "**الحياة الاصطناعية**" طبقا لـ "**المقاربة البرمجياتية**" Software Approach على الصورة التالية:

هل يمكن بناء كيانات كمبيوترية (حاسوبية) تتمتع بواحدة أو أكثر من تلك خصائص الكائن الحى ؟...

وهو السؤال الذى يمكن تفكيكه إلى العديد من الأسئلة الفرعية من قبيل:

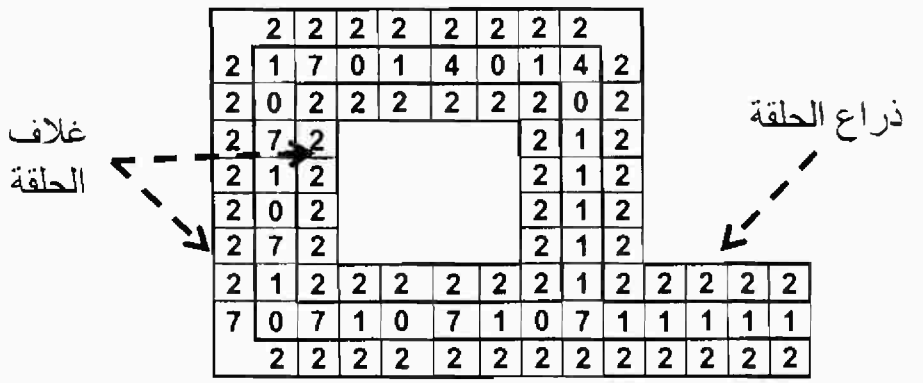
- *هل يمكن إنشاء برمجيات قادرة على التكاثر فتنتج برمجيات شبيهة بها...؟...*
- *هل يمكن إيجاد بيئات تهيئ لبرامج الحاسب فرصة التطور، طبقا لنظرية داروين، من خلال تنافسها على الفوز بموضع فى ذاكرة الكمبيوتر أو بإحدى دورات معالجه المركزى...؟.*
- *هل يكن كتابة برنامج للحاسب يسلك سلوكا مشابها لسلوك الكائن الحى عند تشغيله... فتنمى نفسها وتعيد كتابة بعضا من أجزائها بنفسها وتكون قادرة على التكيف مع بيئة تشغيلها فتعدل من بنيتها على نحو لايتوقعه من قام بتصميمها...؟...*

وسنعرض فيما يلى أمثلة على محاولات علماء الحياة الاصطناعية للإجابة على هذه الأسئلة.

الحلقة المتوالدة (حلقة لانجتون)

على الرغم من نجاح فون نيومان فى صياغة النموذج المنطقى للأتوماتون الولاد (المتكاثر) الذى عرضنا له فى الفصل الثالث، إلا أن تنفيذه على الكمبيوتر شكل تحديا لايستهان به للباحثين فى مجال الحياة الاصطناعية. وأحد أوجه صعوبة تنفيذه هو احتواء أتوماتون فون نيومان على "**الآلة البناءة العامة**" Universal Constructive Machine A وهو الأتوماتون القادر على إنتاج أى أتوماتون آخر انطلاقا من وصفه. من هنا تبرز أهمية الإنجاز الذى حققه لانجتون فى هذا المجال بتصميمه أتوماتون ولاد (متكاثر) أبسط فى تركيبه من أتوماتون فون نيومان إذ لايتضمن هذا التركيب "الآلة البناءة العامة" [١٢].

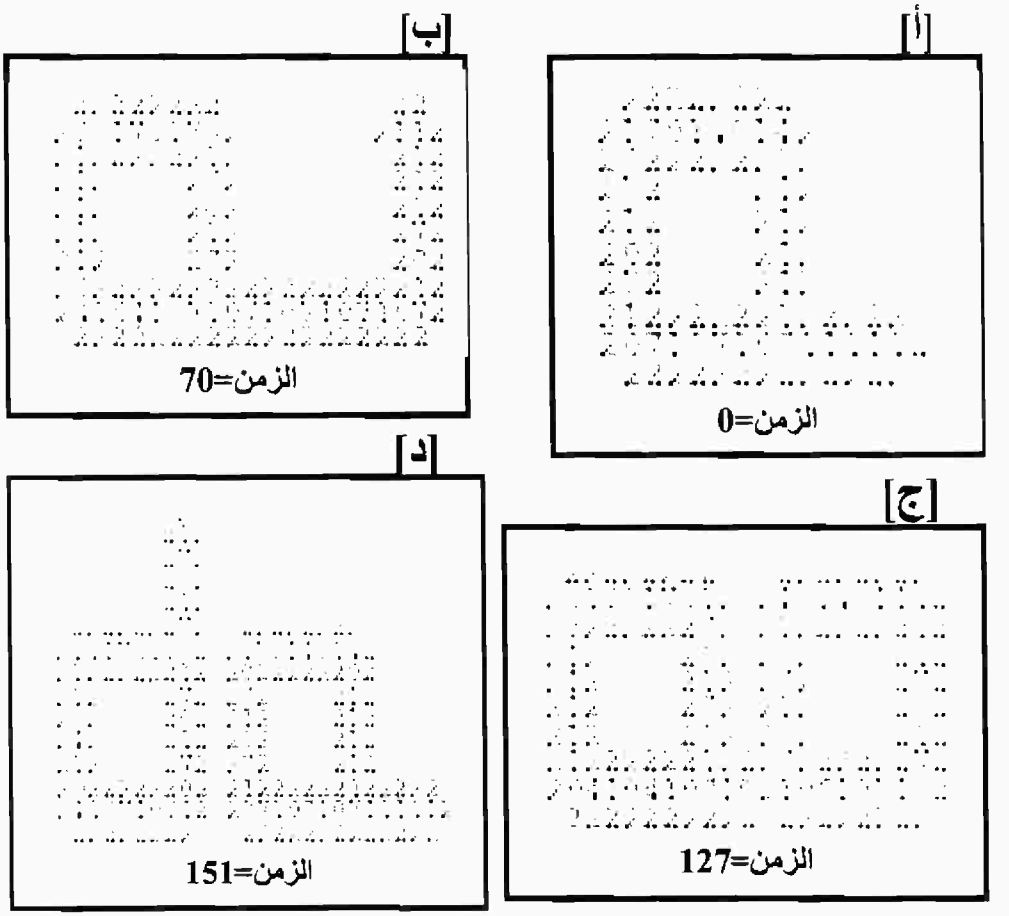
ويأخذ أتوماتون لانجتون شكل حلقة من الخلايا الأولية التى يمكن أن تتخذ وضعا من الأوضاع الثمانية المتاحة لها والتى يرمز لها بالأعداد [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] هذا وتبرز من هذه الحلقة ذراع قصيرة. هذا ويتوقف الوضع الذى يمكن لأى من خلايا الحلقة اتخاذه على وضعها الحالى وعلى أوضاع الخلايا الأربع المجاورة لها. ويوضح الشكل (٤-١) شكلا للحلقة حيث تمثل الخلايا فى الوضع ٢، وهو وضع يتميز باستقراره، الغلاف الذى يضم بقية الخلايا. ويحتوى هذا الغلاف على المعلومات، الخلايا فى الوضع ١، اللازمة لتشكيل حلقة جديدة والتى تتميز بدورانها المستمر داخلا فى اتجاه عكس اتجاه عقارب الساعة.



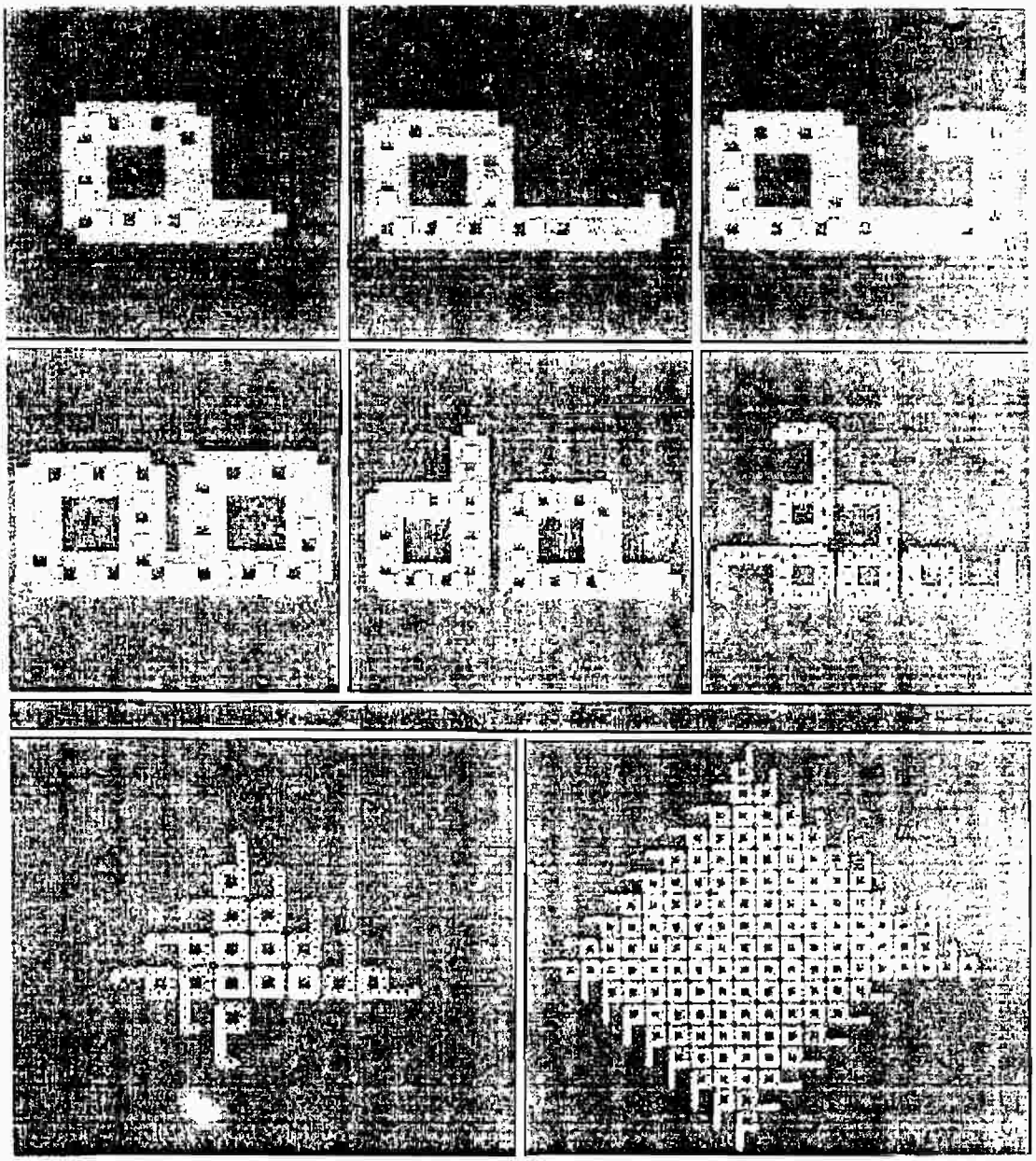
الشكل (٤-١): حلقة لانجتون المتكاثرة

ويتألف البرنامج المشغل للأتوماتون من تعليمتين Instructions تتكون كل منهما من زوج من الأوضاع المتجاورة: (٠-٤) و (٠-٧). ويؤدى استقبال ذراع الأتوماتون للتعليمة (٠-٧) إلى زيادة طوله بمقدار خلية واحدة بينما يؤدى استقباله للتعليمة (٠-٤) إلى لفه إلى جهة اليسار. ويسفر تنفيذ هاتين التعليمتين عن تكوين حلقة جديدة ماتلبث أن تنفصل مشكلة الحلقة الوليدة (الشكل ٤-٢)*. وتستمر كل من الحلقتين، الأم والابنة، فى التكاثر وتكوين مجتمع من الحلقات (الشكل ٤-٣).

* يمكن مشاهدة تمثيلا حيا لهذه العملية على الموقع التالى
http://lslwww.epfl.ch/pages/embryonics/thesis/Langton_Small.mov



الشكل (٤-٢): عملية تكاثر حلقة لانجتون



الشكل (٤-٣): تكوين مجتمع حلقات لانجتون [١٣]

تيـــرا

يتفق العلماء على أن الحياة، بشكلها المعروف على سطح الأرض، هى ثمرة لعملية تطور طويلة يحكمها القانون الداروينى الـشهير "**الانتقـاء الطبيعـى**" Natural Selection، وترتكـز مكوناتها المادية على كيميـاء ذرة الكربـون. فهـى الـذرة القـادرة علـى الاتحـاد مـع العناصـر الأخـرى مثـل الأكـسجين والهيـدروجين والنيتروجين لتـشكل المـواد الكيميائية اللازمة لإقامة الحياة وللحفاظ عليها. إلا أن تعودنا على هذا الشكل المألوف للحياة لاينبغى أن يمنعنا من التفكير فى أشكال أخرى للحيـاة تقـوم على عناصر أخرى غير الكربون. فالحياة وعمليـة التطـور المنـشئة لهـا والمحافظة عليها يمكنها التجلى فى بيئات أخرى قد تختلف تماما عـن تلـك السائدة على كوكب الأرض. والأكثر من ذلك فلـيس ضـروريا أن تكـون العناصر المكونة لهذه البيئات عناصر مادية بل يمكن أن تكون عناصر غيـر مادية كالبيانات التى يختزنها ويعالجها الكمبيوتر. فبيئة الكمبيوتر تمثل وسطا "منطقيا/معلوماتيا" يمكن لظاهرة الحياة التجسد فيه كما تتجسد الحياة الطبيعية فى الوسط "الفيزيائى/الكميائى" الذى يوفره كوكب الأرض.

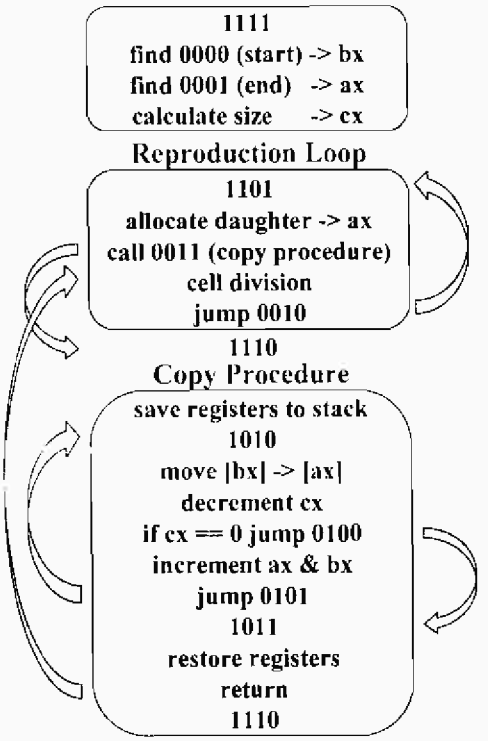
الإنتقاء الطبيعى هو العلمية التطورية التى تؤدى إلى قدرة الكائن الحى على التكيف مع بيئتـه وذلـك عبـر تـضمين مخططه الوراثى Genotype تلك الصفات التـى تـساعده علـى البقـاء وتهمـيش تلـك غيـر الملائمة.

كان هذا بعض مايدور فى عقل توماس ريى Thomas Ray أستاذ علم الحيوان وعلوم الكمبيوتر بجامعة أكلاهوما الأمريكية عندما فكـر فـى إنـشاء بيئـة كمبيوترية تسمح للكائنات التى تعيش فيها بالتطور المحكوم بقانون "الانتقـاء الطبيعى" وتتوفر فيها الشروط الأربعة للتطور الداروينى:

- وجود كائنات قادرة على استنساخ نفسها.
- تعاقب الأجيال.
- توارث الجينات.
- إمكانية حدوث تغيـرات جينية.

الكمبيـوتر الافتراضـى هـو برنامج يمكن مستخدم الكمبيوتر من إنشاء بيئة تـشغيل متكاملـة ومـستقلة بـذاتها فـى الكمبيـوتر الحاضن لها وتتصرف كما لو كانت كمبيوتر آخر.

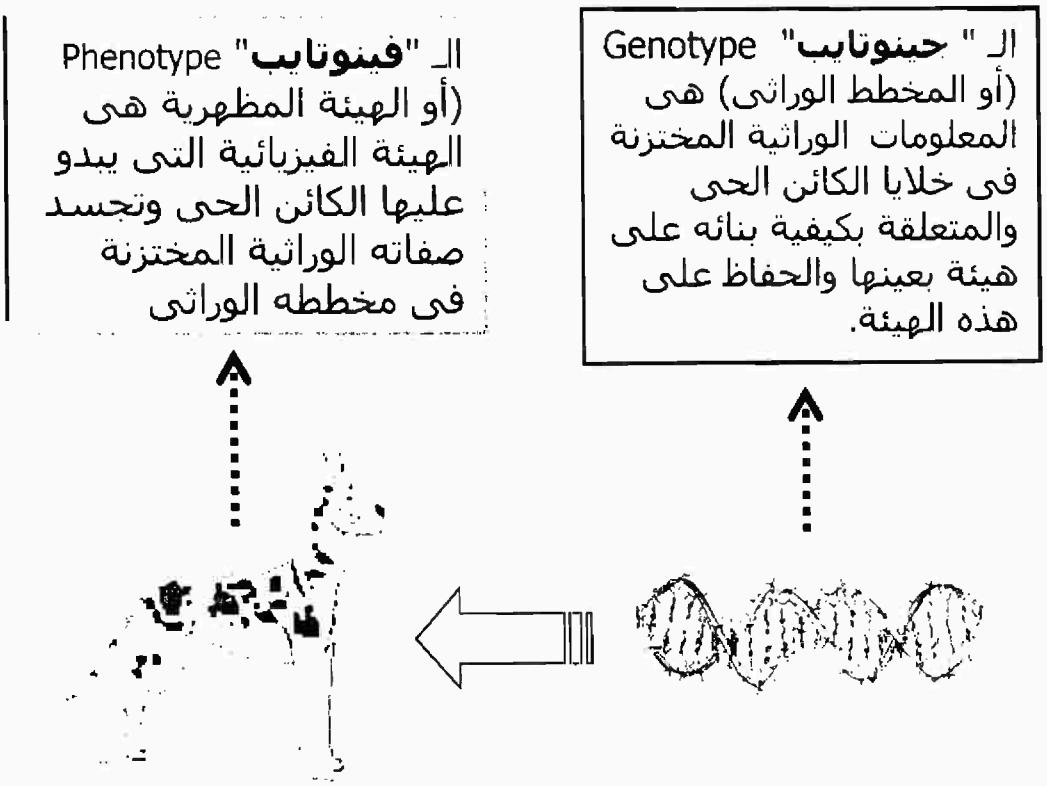
وهكذا ظهرت منظومة "**تييرا**" Tierra (تعنى كلمة "تييرا" بالأسبانية الأرض) إلى الوجود فى أوائل التسعينات. وتييرا هذه هى "**كمبيوتر افتراضى**" Virtual Computer تشكل مكوناته الثلاثة: وحدة المعالجة المركزية، الذاكرة، نظام التشغيل، البيئة التى تعيش فيها المخلوقات الرقمية التييرية (نسبة إلى تييرا). والمخلوق التييرى هذا ليس إلا برنامجًا صغيرًا مكتوبًا بـ "لغة تجميع" Assembly Language الكمبيوتر (انظر الشكل ٤-٤).



الشكل (٤-٤): برنامج لغة التجميع الممثل لـ "المخلوق التييرى" [١٥]

ويتجسد جسد المخلوق التييرى على شكل نمط المعلومات وهو ذو هيئة محددة يختزنها الكمبيوتر (الافتراضى) فى ذاكرته الرئيسية Random Access Memory (RAM). ويمثل هذا النمط المعلوماتى الـ "جينوتايب (البنية الوراثية)" للمخلوقات التييرية. أما ترجمة وحدة المعالجة المركزية لهذا النمط، والتى تأخذ شكل مجموعة من التعليمات الجاهزة للتنفيذ، فهى تمثل الـ "فينوتايب (الهيئة الوراثية) للمخلوق التييرى (الشكل ٤-٤). هذا ويوضح

الشكل ٤-٥ مفهومى الـ "جينوتايب (البنية الوراثية)" و الـ "فينوتايب (الهيئة الوراثية) والعلاقة بينهما على وجه العموم.



الشكل (٤-٥): الـ "جينوتايب (البنية الوراثية)" و الـ "فينوتايب (الهيئة المظهرية) والعلاقة بينهما

ويشبه هذا المخلوق التيبرى الكائنات الحية الطبيعية فهو قادر على "**التوالد**" Self-Reproduction وإنتاج نسخ شبيهة له، وهو أيضا قادر على القيام بعمليات "**التمثيل الغذائى** (الميتابوليزم)" Metabolism بتنافسه على الحصول على الطاقة، المتمثلة فى زمن وحدة المعالجة المركزية للكمبيوتر، وعلى الموارد، المتمثلة فى ذاكرة الكمبيوتر، اللازمين لبقائه على قيد الحياة. إلا أن الأمر المثير هو قدرة المخلوق التيبرى على التطور عبر "**التحولات**" Mutations التى تنشئ أشكالا جديدة من المخلوقات التيبرية. إذ يؤدى تنفيذ البرنامج الممثل للمخلوق التيبرى إلى إنتاج نسخة جديدة منه تشغل جزءا من ذاكرة الكمبيوتر الافتراضى أطلق عليها ريى اسم "الشوربة" The Soup. وهذه النسخة الجديدة ليست بالضرورة نسخة طبق الأصل من المخلوق الأم. فعلى

سبيل المثال أدت عملية تلقيح "الشوربة" بمخلوق بسيط يتكون جسده من ٨٠ تعليمة Instructions، أسماه ريى بالـ "سلف" Ancestor، إلى تكاثره ومن ثم امتلاء الشوربة بالمخلوقات التييرية الوليدة. وتتباين هذه المخلوقات فالبعض منها كان طول جسده ٧٩ تعليمة والبعض الآخر كان طول جسده ٤٥ تعليمة. وكان حدوث هذا التباين علامة على التحولات الجينية فى المخلوقات التييرية. وطبقا لـ "ريى" فإن مايحدث فى "تييرا" لايعتبر محاكاة للحياة بل يعتبر تخليقا لها فالحياة فى عرفه هى قدرة الكائن على استنساخ نفسه (التكاثر) وعلى قابليته لـ "التطور الدائم" Open-Ended Evolution.

تقييم "حياتية" Aliveness منظومة "تييرا" [١٤]

معايير فارمر و بلين	مقدار تحققها
التنظيم	يتميز المخلوق التييرى ببنية منطقية من المعلومات والتعليمات وهذه البنية تبدى سلوكا حياتيا
التوالد	المخلوق التييرى قادر على استنساخ نفسه
وصف النفس	يتضمن المخلق التييرى فى بنيته وصفا لذاته
التمثيل الغذائى	يستخدم المخلوق التييرى الطاقة، المتمثلة فى زمن وحدة المعالجة المركزية للكمبيوتر، والموارد المتمثلة فى ذاكرة الكمبيوتر، فى الحفاظ على وجوده
الإستجابية	يستجيب المخلوق التييرى لما يحدث فى بيئته، منظومة تشغيل الكمبيوتر الافتراضى، من تغيرات
وحدة واحدة	يشكل المخلوق التييرى كيانا يمكن تمييزه كوحدة واحدة محددة الملامح
الاستقرار الديناميكى	المخلوق التييرى قادر على البقاء والحفاظ على نفسه ككيان واحد على الرغم مما قد يحدث فى بيئته من تغيرات
التطور	المخلوق التييرى قادر على التطور عبر التحولات الجينية التى تتبدى فى أجياله المتعاقبة

الطيور الرقمية

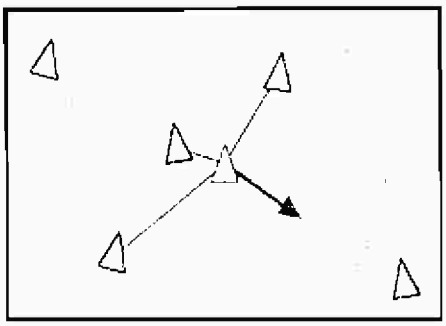
يعتبر برنامج "**بويـــدز**" Boids الذى ظهر إلى الوجود سنة ١٩٨٦ من أشـــهر برامج الحياة الاصطناعية التى طورت بهدف محاكاة السلوك الجمعى للكائنات الحية. ومطور هذا البرنامج هـــو كـــريج رينولـــد Craig Reynolds خبيـــر "الرسوميات الكمبيوترية" Computer Graphics الذى يعمل حاليا فـــى الفـــرع الأمريكى لشركة سونى للتـــسلية Sony Computer Entertainment America. ويتمثل اهتمام رينولد الرئيسى فى دراسة تكنولوجيا الشخيات المستقلة التـــى يمكن فى ألعاب الكمبيوتر.

وقد صمم هذا البرنامج ليحاكى السلوك الجمعى لسرب من الطيور الرقميـــة، الـــ "**بويدز**"، وليوضح كيف أن هذا الـــسلوك الجمعـــى لـــيس إلا "**خاصـــية مستجدة**" Emergent Property للسرب ككل. وهو بالإضافة إلى ذلك يبين أن هذا السلوك إنما ينشأ من السلوك الفردى والمحلى (المتموضع) Local لكـــل طائر رقمى الذى تحكمه ثلاث قواعد بسيطة هى [١٥]:

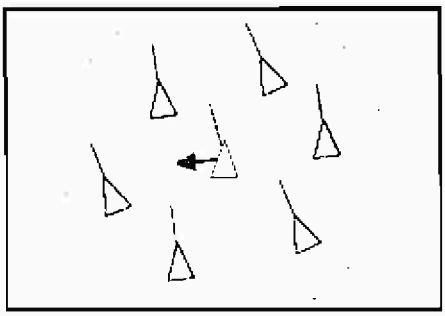
١. **التباعد** Separation، إذ يسعى كل طائر للتباعد عن الطيور القريبة جـــدا منه حتى لايتسبب فى حدوث زحام أو تصادم.
٢. **التحاذى** Alignment، إذ يسعى كل طائر إلى تعديل سرعته واتجاهه لتتفق مع تلك السائدة بين جيرانه.
٣. **التماسك** Cohesion، إذ يسعى كل طائر إلى الحفاظ على أقل مسافة ممكنة بينه وبين جيرانه وذلك مع مراعاة القاعدة رقم ١.

ويوضح الشكل (٤-٦) هذه القواعد.

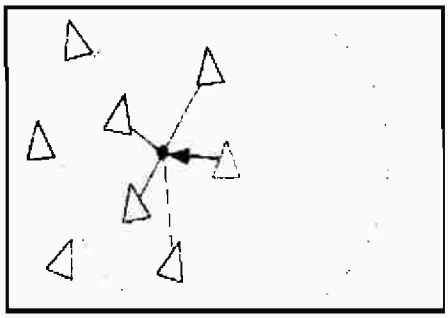
ويظهر تشغيل هذا البرنامج سلوك سرب الطيور الرقمية (البويدز) التى تظهر على شاشة الكمبيوتر كأسهم صغيرة. فعلى سبيل المثال يوضح الشكل (٤-٧) سلوك السرب عند مقابلته عائقا ما.



التباعد

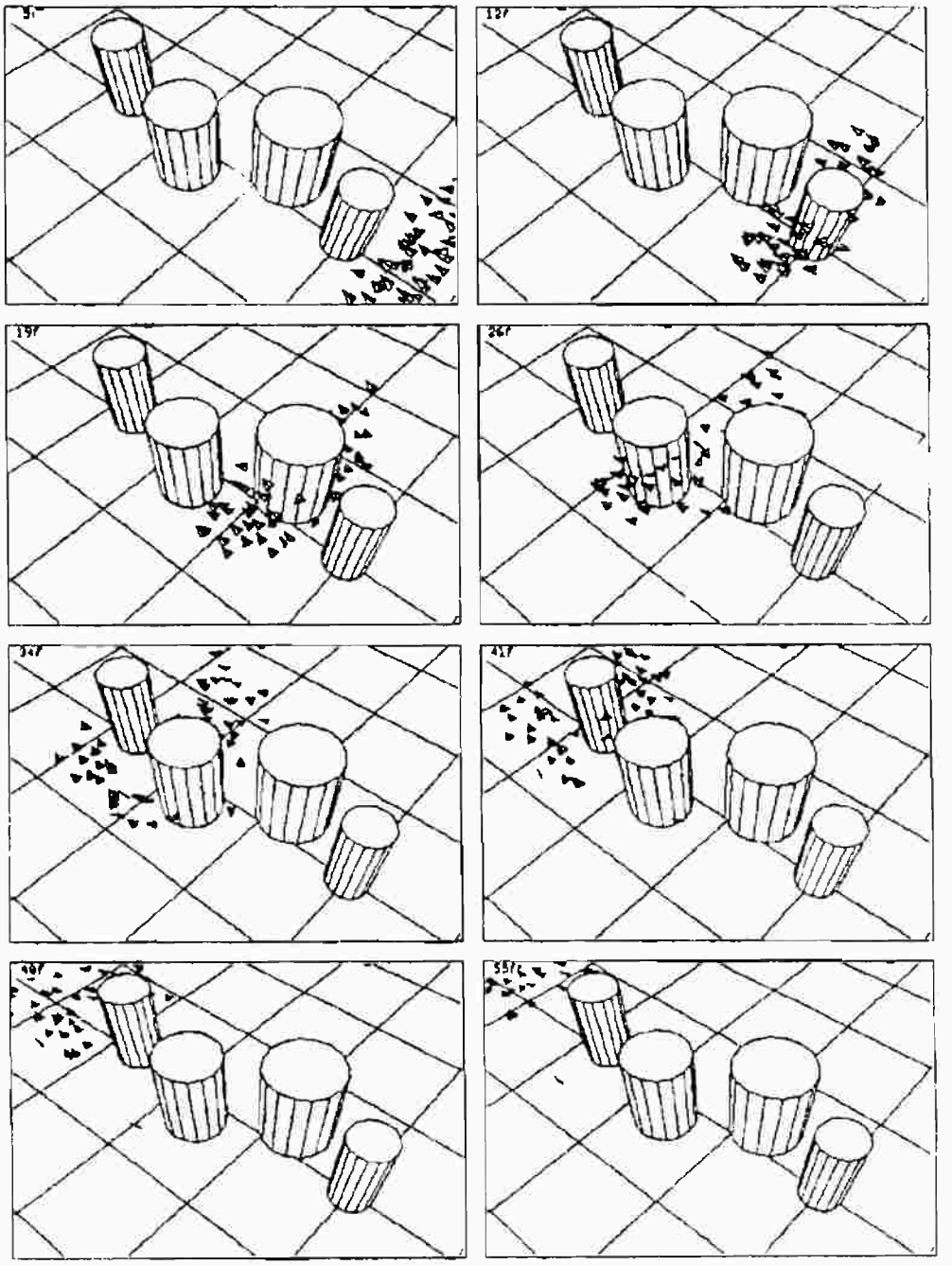


التحاذى



التماسك

الشكل (٤-٦): القواعد السلوكية للطيور الرقمية



الشكل (٤-٧): توضيح لسلوك سرب البويدز "المستجد" Emergent حيث ينقسم السرب إلى سربين عند ملاقاته عائقا ما ثم يتحد هذان السربان مرة أخرى بعد تجاوز هذا العائق [١٣]

المراجع

[1] M. J. Healy, "Artificial Life, What Is It ?," *Connetions*, vol. 2, pp. 6-9, 1992.

[2] C. Langton, "Artificial Life," in *Artificial Life*, C. Langton, Ed. Redwood City, CA: Addison-Wesley, 1989, pp. 1-47.

[3] M. Bedau, "Philosophical Aspects of Artificial Life," in *Proceedings of the First European Conference on Artificial Life: Toward a Practice of Autonomous Systems*, Cambridge, Mass, 1992, pp. 494-503.

[4] K. Hayles, "Narratives of Artificial Life," in *Future Natural: Nature, Science, Culture*, G. Robertson, M. Mash, L. Tickner, J. Bird, B. Curtis, and T. Putnam, Eds. London: Routledge, 1996, pp. 146-164.

[5] M. Maturana and F. Varela, *Autopoiesis and Cognition*. Boston: Reidel, 1980.

[6] J. Bednarz, "Autopoiesis: The Organizational Closure of Social Systems," *Systems Research*, vol. 59, pp. 57 – 64, 1988.

[7] J. D. Farmer and A. d. A. Belin, "Artificial Life: the Coming Evolution," in *Artificial Life II*, vol. X, C. Langton, C. Taylor, J. D. Farmer, and S. Rasmussen, Eds. Redwood City, Calif: Addison-Wesley, 1992, pp. 815-838.

[8] J. Bolter, *Turing's Man, Western Culture in the Computer Age*: Penguin Books, 1993.

[9] J. von Neumann, "The General and Logical Theory of Automata," in *Cerebral Mechanisms in Behavior, The Hixon Symposium*, L. A. Jeffress, Ed. New York: John Wiley and Sons, 1951, pp. 1-41.

[10] J. von Neumann, *The Theory of Self-Reproducing Automata*, Urbana: University of Illinois Press, 1966.

[11] E. F. Moore, "Mathematics in the Biological Science," *Scientific American*, vol. 211, pp. 148-164, 1.٩٦٤

[12] C. Langton, "Self-Reproduction in Cellular Automata," *Physica D*, vol. 10, pp. 135-144, 1984.

[13] S. Levy, *Artificial Life, A Report from the Frontier where Computers meet Biology*: Vintage, 1993.

[14] C. Emmeche, *The Garden in the Machine. The Emerging Science of Artificial Life*. Princeton: Princeton University Press, 1994.

[15] C. Reynolds, "Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model," *Computer Graphics*, vol. 21, pp. 25-34, 1987.

د. السيد نصر الدين السيد

نبذة عن المؤلف

- أستاذ إدارة المعرفة بجامعة كونكوريا (كندا).
- عمل باحثا زائرا فى جامعة ولاية متشيجان بالولايات المتحدة الأمريكية.
- حاصل على الدكتوراه فى الفيزياء النووية النظرية من جامعة الإسكندرية.
- عمل أستاذا ورئيسا لقسم نظم المعلومات بالأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا.
- قام بتدريس علوم المعلوماتيات بجامعتى الإسكندرية والمنوفية.
- عضو العديد من الهيئات الدولية المعنية بعلوم الحاسب والمعلوماتيات (الاتحاد الدولى لمعالجة المعلومات IFIP، رابطة الآلات الحاسبة الأمريكية IEEE Computer Society، جمعية المهندسين الأمريكية للحاسب ACM).
- شارك فى تنظيم وفى عضوية لجان تحكيم العديد من المؤتمرات الدولية حول علوم الحاسب والمعلوماتيات.
- شارك فى حربى ١٩٦٧ و ١٩٧٣ أثناء خدمته كضابط عامل بالقوات البحرية المصرية.

المؤلفات

- **القومية المصرية، قراءة فى وضوح البداهة**، كتاب اليوم، القاهرة، ١٩٩١.
- (مع آخرين) **الحاسبات الإلكترونية، حاضرها ومستقبلها**، كتب دلتا، القاهرة، ١٩٩٢.
- (مع آخرين) **الحاسب والذكاء الاصطناعى**، كتب دلتا، القاهرة، ١٩٩٤.
- **إطلالات على الزمن الآتى**، الهيئة العامة للكتاب، القاهرة، الطبعة الأولى، ١٩٩٦، الطبعة الثانية، ١٩٩٨.
- **الحقيقة الرمادية**، الهيئة العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٩٩.

- **كيف يفكر الحاسب**، دار العين للنشر، ٢٠٠٦.
- **التنوير الغائب**، دار العين للنشر، ٢٠٠٦.
- **وداعاً أرسطو**، المكتبة الأكاديمية.
- **المنظوماتية (العقلانية الجديدة لحضارة الألف الثالثة)** المكتبة الأكاديمية.
- له العديد من المقالات المنشورة فى الصحف والمجلات المصرية والعربية حول موضوعات "**حضارة الألف الثالثة**، و"**العقلانية الجديدة**"، و"**الحاسب**" (الأهرام اليومى، الهلال، أكتوبر، القاهرة، أخبار الأدب، العربى الكويتية).