

МОДЕЛЮВАННЯ АЛГОРИТМІВ ПРИРОДНОГО ФОРМОУТВОРЕННЯ

© Дронюк І., Олейник С., 2011

Розглянуто математичну модель природного формоутворення. Запропонована модель ґрунтується на геометричних властивостях природних елементів. На основі запропонованих формул розроблено відповідне програмне забезпечення для моделювання процесу філотаксису. Отримані результати можуть бути використані у будівництві, архітектурі та у дизайні

Ключові слова: математичне моделювання, формоутворення, філотаксис, об'єктно-орієнтоване програмування

In the article was considered mathematical model of natural forming. This model is based on geometrical properties of natural elements. Based on proposed formulas computer application was developed for simulating phyllotaxis. Results can be used in building, architecture and design

Keywords: mathematical simulation, forming, phyllotaxis, object oriented programming.

Вступ

Зовнішні форми природних тіл – це те, що вперше впадає нам у вічі при знайомстві з довколишнім світом. Всі природні тіла, що нас оточують, знаходяться у полі земного тяжіння і, беззаперечно, відчувають його вплив. Каміні, рослини, тварини під впливом цієї сили набувають ззовні схожих рис. Ці риси характеризуються узагальненими законами симетрії, серед яких одне з центральних місць займає явище філотаксису [1]. Суть цього явища полягає в спіральному розташуванні листків на стеблах рослин, гілок на деревах, пелюсток в суцвіттях, генів у структурі ДНК та ін. (рис.1).

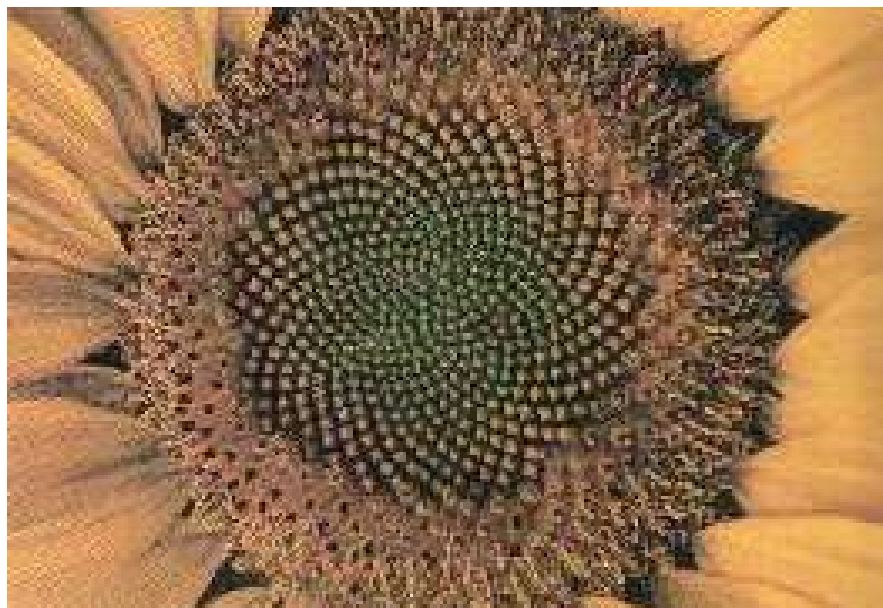


Рис. 1. Насіння соняшника розміщене у суцвітті по спіралях, причому відношення лівих і правих спіралей дорівнює відношенню сусідніх чисел ряду Фібоначчі

Фізичною причиною закону філотаксису є те, що при такому розміщенні досягається максимум притоку сонячної енергії.

Математичні методи моделювання явища філотаксису

Для побудови узагальненої моделі явища філотаксису необхідно розв'язати питання: як змінюється порядок симетрії філотаксисної ґратки у процесі росту біоформи (рис. 2)?

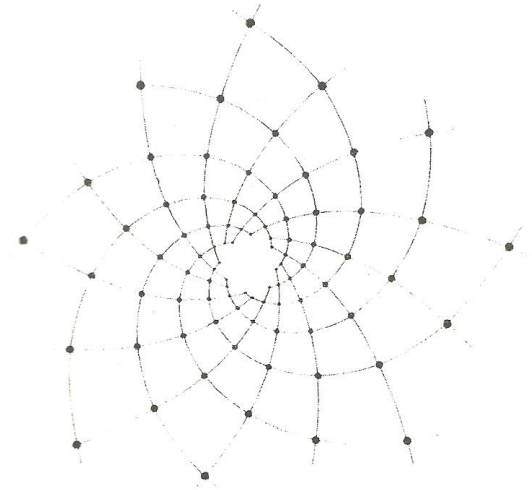


Рис. 2. Зображення філотаксисної ґратки із відношенням правих і лівих спіралей 8:13

Існує декілька методів моделювання цього явища [2].

Розглянемо найпростішу модель. Вона передбачає, що кут дивергенції (розходження) у структурі конічної ґратки є сталим і дорівнює

$$j^{-2} = \frac{3 - \sqrt{5}}{2}, \quad (1)$$

а порядок симетрії залежить лише від міжвузлових віддалей, вимірюваних у радіальному напрямку: чим менша віддаль між послідовними вузлами, тим вищий порядок симетрії.

Траскторіями руху вершин ґратки в процесі перетворення є радіальні прями. Пропорція перетворення змінюється, але в будь-який момент часу вона однакова для всіх пар послідовних вершин. Це відповідає ідеї подібності. Порядок спіральної симетрії, тобто кількість лівих і правих спіралей змінюється у послідовності 5/8, 8/13, 13/21, ... (рис.2).

Для побудови ускладненої моделі поставимо вимогу, щоб кут дивергенції у процесі перетворення змінювався від 0 до j^{-2} . Відповідно має змінюватися відношення радіальних координат сусідніх вершин. Залежність між радіальними координатами така:

$$\frac{r_n}{r_{n+1}} = j^{1 - a j^2}, \quad (2)$$

де r_n – відстань n-ї точки до початку координат (радіус вершини).

У будь-який момент часу відношення (2) залишається однаковим для всіх пар послідовних вершин. Вказані вимоги виконуються, якщо перетворення здійснювати за таким алгоритмом:

1. Введемо у розгляд полярну систему координат з центром у точці O. У стартовому положенні безконечний ряд точок $x_i \{i = 0, \dots, \infty\}$ розташовується на одному полярному промені так, що для будь-якої пари точок $x_n, x_{n-1} \{n = 1, \dots, \infty\}$ виконується співвідношення:

$$\frac{r_n}{r_{n-1}} = j = \frac{\sqrt{5} + 1}{2} \quad (3)$$

2. Перетворення симетрії здійснюється шляхом руху подібності, який детермінований центром O та коефіцієнтом подібності, що є відношенням радіусів сусідніх точок (3). Траєкторіями руху всіх вершин ґратки (крім точки, що є кінцем одиничного радіуса) є золоті логарифмічні спіралі, тобто спіралі вигляду $r = j^a$. Кожна вершина має свою окрему траєкторію. Всі траєкторії однакові і для будь-яких двох послідовних вершин зміщені на кут j^{-2} . Тому формули траєкторій наступні:

$$\begin{aligned} \text{для точки 0: } r_0 &= j^{0-0 \cdot a j^2} = j^0, \\ \text{для точки 1: } r_1 &= j^{1-1 \cdot a j^2}, \\ \text{для точки 2: } r_2 &= j^{2-2 \cdot a j^2}, \\ &\dots\dots\dots \\ \text{для точки n: } r_n &= j^{n-n \cdot a j^2}. \end{aligned} \tag{4}$$

3. Всі точки (крім точки O) починають рух одночасно, кожна наступна точка рухається з кутовою швидкістю вдвічі більшою за попередню [3].

Отже, рух точок ґратки строго регламентований і характеризується такими конкретними особливостями:

Відносна швидкість для будь-якої пари точок залишається сталою:

$$\frac{w_n}{w_{n+1}} = const \tag{5}$$

Відношення радіусів двох послідовних вершин наближається до одиниці:

$$\lim \frac{r_n}{r_{n+1}} = 1, \text{ при } n \rightarrow \infty \tag{6}$$

Радіальна відстань між двома послідовними вершинами безперервно зменшується і наближається до нуля:

$$\lim (r_n - r_{n-1}) = 0, \text{ при } n \rightarrow \infty \tag{7}$$

Величина полярного радіуса будь-якої вершини наближається до одиниці:

$$\lim r_n = \lim j^{n-n \cdot a j^2} = 1, \text{ при } a \rightarrow j^{-2} \tag{8}$$

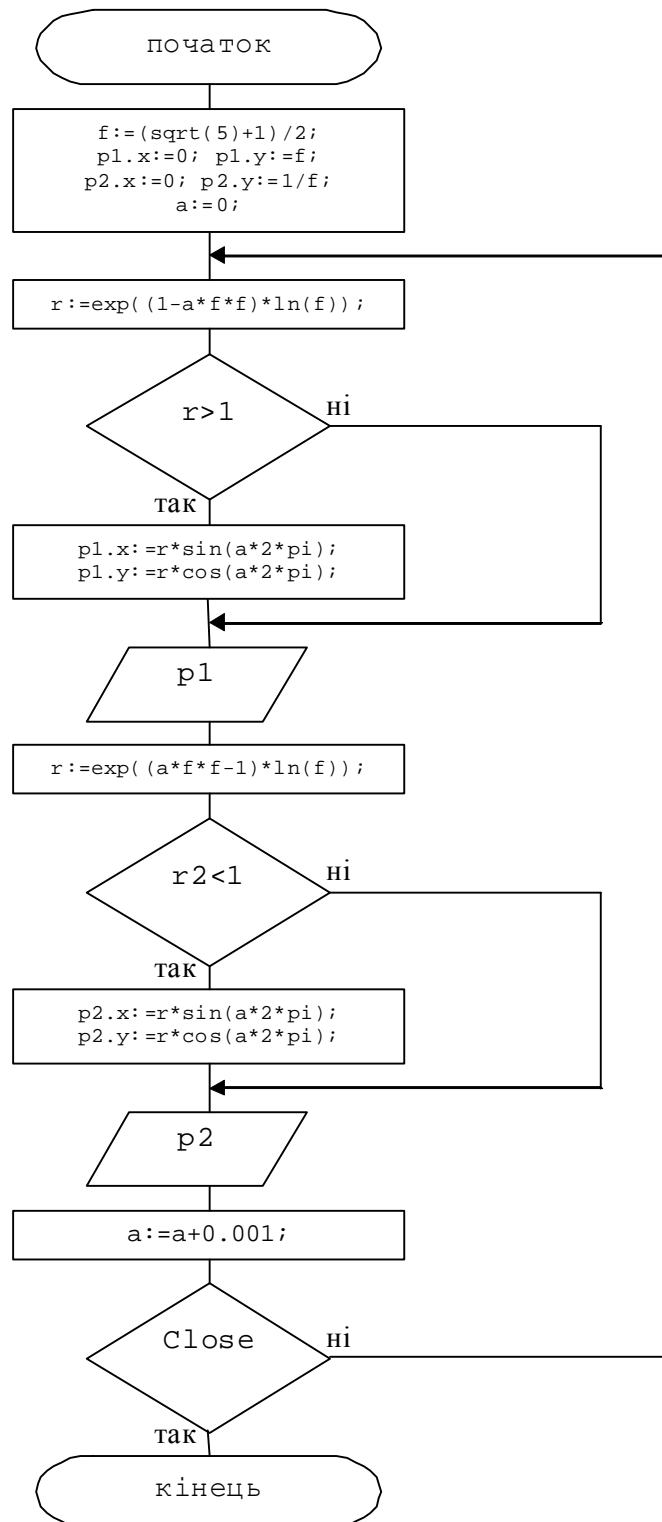
Відношення кількості лівих і правих спіралей є сусідніми членами послідовності Фібоначчі чи інших рекурентних послідовностей (зокрема послідовності Люка як часткового випадку послідовності Фібоначчі з початковими значеннями $F_0 = 2$ і $F_1 = 1$):

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2} \tag{9}$$

Разом з тим, спостерігаємо процес безперервного поповнення вершинами і ущільнення ґратки на площині і періодичного зростання кількості лівих і правих спіралей у послідовності, яка відповідає природнім властивостям філотаксису.

Тобто ми отримали принципово нову модель філотаксису, яка відрізняється від попередньої ідеєю і змінює ракурс подальшого геометричного аналізу явища, а також його оцінки в аспекті питання щодо геометричних законів природного формоутворення.

Блок-схема алгоритму моделювання явища філотаксису на прикладі двох точок



Програмна реалізація алгоритму природного формоутворення

Програма реалізована мовою програмування Delphi у середовищі Borland Delphi 7. Основою розробленого продукту став об'єктно-орієнтований підхід у програмуванні, тобто усі рухомі елементи є об'єктами деякого класу «Точки» з відповідними полями (радіус від центра і кут розходження) та методом для переміщення. Крім цього, програма використовує набір API-функцій стандарту OpenGL, які забезпечують максимально ефективну реалізацію алгоритму і незалежний

крос-платформний графічний інтерфейс користувача (GUI)[4]. Тому цей програмний продукт розрахований для користувачів, на комп'ютерах яких встановлені ОС Windows різних версій (2000/XP/Vista/7).

До інтерфейсу користувача додано три кнопки і трекбар (рис.3). Кнопки – відповідно PLAY, PAUSE, RESET служать для керування процесом: зупинки, продовження руху, а також повернення до початкового положення. Трекбар використовується для регулювання швидкості руху точок.

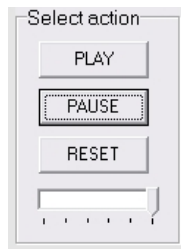


Рис. 3. Елементи управління динамікою процесу моделювання філотаксису

У процесі роботи програми на екрані комп'ютера зображається рух точок по заданих траєкторіях. Під час цих перетворень ми спостерігаємо процес безперервного поповнення вершинами і періодичного зростання кількості лівих і правих спіралей за послідовністю Фібоначчі (чи інших рекурентних послідовностей)(рис.4).

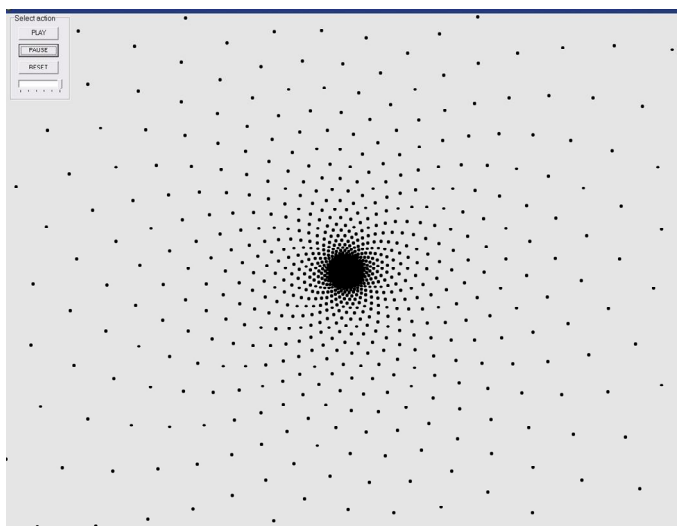


Рис. 4. Моделювання алгоритму філотаксису на основі перетворення руху подібності

Висновок

Процеси формоутворення в природі є закономірними явищами, які підпорядковуються тим чи іншим математичним законам. На основі цього модель філотаксису знаходить своє застосування в архітектурі, в енергетиці – при проектуванні сонячних електростанцій (рис.5) тощо.



Рис. 5. Спіральне розташування сонячних батарей СЕС [5]

Тому комп'ютерне моделювання філотаксису дає змогу зрозуміти суть цього явища, наочно оцінити характер і порядок розміщення спіралей, вивчити закономірність їхнього розташування. Відповідно до цього був створений програмний продукт на мові Delphi для моделювання даного явища. Отримані результати повністю відповідають математичній моделі філотаксису.

1. Шафрановский И.И. Симметрия в природе. – 2-е изд., перераб. – Л.: Недра, 1985. 2. Боднар О.Я. Золотий переріз і неевклідова геометрія у науці і мистецтві: Монографія. – Львів: НВФ «Українські технології», 2005. 3. Боднар О.Я., Дронюк І.М., Олейник С.О. Моделювання алгоритмів природного формоутворення// Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції. Том 2. – Херсон: ХНТУ, 2011. – С. 15. 4. Дональд Херн, М. Паулін Бейкер. Комп'ютерна графіка і стандарт OpenGL, 3-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. 5. <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RenewableEnergy> – Power to the People: Feature Articles.

УДК 004.032.26

Є. Бодянський, О. Винокурова, О. Харченко

Харківський національний університет радіоелектроніки,
проблемна науково-дослідна лабораторія АСУ

АДАПТИВНИЙ ВЕЙВЛЕТ-ФАЗЗИ-НЕЙРОН ТИПУ-2

© Бодянський Є., Винокурова О., Харченко О., 2011

Запропоновано архітектуру вейвлет-фаззи-нейрона типу-2 та алгоритм навчання усіх його параметрів. Також запропоновано метод редукції моделі, що дає змогу проводити інтелектуальну обробку даних в on-line режимі при високій швидкості надходження даних. Проведено низку комп'ютерних експериментів на реальних даних, що підтверджують доцільність підходу, що розвивається.

Ключові слова: вейвлет-фаззи нейрон типу-2, фаззи-вейвлет функція належності типу-2, редукція моделі, прогнозування, емуляція.

In the paper the architecture of type-2 wavelet-fuzzy neuron and learning algorithm its of all-parameters are proposed. The type-reduction model method which allows data mining in on-line mode under high speed feeding of data is proposed too. The computational experiments confirm to effectiveness of developed approach.

Key words: type-2 wavelet-fuzzy-neuron, type-2 fuzzy-wavelet membership function, model reduction, prediction, identification.

Вступ

Сьогодні для розв'язання широкого класу задач Data Mining (прогнозування, емуляція, ідентифікація нестационарних хаотичних процесів, кластеризація, класифікація, інтелектуальне керування та діагностика станів складних об'єктів) усе більше застосовуються гібридні нейро-фаззи-системи і вейвлет-нейро-фаззи-системи, що об'єднують в собі переваги кожного з підходів та мають покращені апроксимуючі властивості, при цьому не втрачають здатності функціонувати в реальному часі. Такими системами є архітектури типу Ванга–Менделя [1], адаптивні нейро-фаззи системи Такагі-Сугено-Канга [2], вейвлет-нейро-фаззи мережі [3], адаптивні вейвлет-нейро-фаззи системи з W -нейронами [4–6].

Л. Заде [7] було проведено аналіз нейро-фаззи-систем і зроблено висновок, що такі системи є не в повному сенсі нечіткими, оскільки використовують чіткі функції належності, що вносить додаткову невизначеність до бази правил системи. Як альтернативу нейро-фаззи-системам було