

№ 3**Що таке ЧИСЕЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ?**

Доброго вам здоров'я, друзі! – вас знову вітає дослідницька команда «Біоніка та ІТ».

Мабуть, прийшов час рушити далі на зустріч з нашою метою – опанувати **ЧИСЕЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ**.

Нагадуємо, що чисельний експеримент є сучасним та вельми потужним засобом дослідження та/або тестування будь-яких проектів та ідей. ← принаймні, дивіться нашу попередню публікацію, тобто «*Чисельний експеримент у Природничих науках, №2*».

...потрібно чітко усвідомлювати те, що ті «події», а інакше – ті природні явища, які ми хочемо описати, в яких ми хочемо розібратися, є ДУЖЕ СКЛАДНИМИ. Повторюємо: Дуже_Складними, оскільки в цих природних подіях є величезна кількість доданків, учасників, відомих + невідомих «сил та важелів» ...

Нагадаємо, що для пояснення того, що саме є численних експеримент, ми вибрали свій колишній ІТ-проект під назвою «*Моделювання певних етапів харчової поведінки бджіл-розвідників*». Як нам вдалося з'ясувати, заявлена тематика проекту є вельми актуальною (див. «*Чисельний експеримент у Природничих науках №2*»).

Актуальність проекту: негайна потреба у відповідному ПЗ для роботизованих «бджіл»-дронів, що розробляються як один із шляхів вирішення проблеми запилення рослин (насамперед плодових та інших корисних для людства) у разі масового вимирання комах-запилювачів.

Тепер знову прочитаємо заявлені завдання проекту:

Основні завдання проекту:

- 1) проаналізувати «фуражну» поведінку бджіл-розвідників.
- 2) створити математичну модель процесу пошуку «медоносних плантацій» бджолами-розвідниками.
- 3) пізнати та формалізувати алгоритми успішного пошуку бджолами-розвідниками квіток медоносних рослин (з елементами візуалізації).
- 4) на основі отриманої математичної моделі та з'ясованих алгоритмів створити комп'ютерну програму для проведення відповідного чисельного експерименту (виконання відповідних розрахунків та візуалізації отриманих результатів).

Почнемо з першого пункту свого ж завдання:

♦ наскільки нам вдалося проаналізувати харчову поведінку бджіл, ми побачили 2 основні етапи цієї поведінки: як мінімум, знайти медоносні майданчики (тобто ділянки території в межах «польотної досяжності» бджолами даної сім'ї) – назвемо це трохи жартівливо як «етап *Дальнодії*»; – тут цілком може бути результатом ситуація на кшталт «Політали, політали, ... – не знайшли» – це часто буває, оскільки така реальність!

♦ Але є ще друга сторона цієї історії: так, бджоли-розвідники знайшли певну кількість медоносних квітів; причому знайдене родовище (джерело не меду, а саме нектару!) має бути не тільки «їстівне», але й досить рясне, щоб мати «економічний сенс» сюди прилетіти кільком або навіть багатьом бджолам цієї сім'ї, бо треба і самим поїсти і «чогось такого корисного» набрати у шлунок та на лапки, щоб забрати з собою до умовного вулика (аналогічно, цей етап подій назвемо «етапом *Близькодії*»).

♦ ...і ми всі знаємо, що бджоли-розвідники у разі успіху своєї «харчової розвідки» про «смачненьке» (*де саме знайшли? що саме знайшли? і як всього знайденого там багато?* та таке інше) щойно повернуться та розповідатимуть бджолам-родичам. Звісно, що розповідь така станеться мовою танцю!

Ось так, великими «мазками» ми домоглися описати головні події стосовно того природного феномену, який ми намагаємось у найближчий час «відтворити» у вигляді декілька раз проведеного чисельного експерименту. Тобто реалізувати

віртуальний бджолиний досвід пошуку джерела їжі у вигляді відповідної комп'ютерної програми.

Тепер нагадаємо про фундаментальні засади Інформатики, оскільки вони теж будуть для нас базовими для подальшої роботи над завданням:



Отже, маючи на увазі цю невигадливу схему обробки та трансформації даних, ми будемо просуватись вперед та не раз повертатись до цих правил обробки інформації.

Знову розглянемо презентовану схему розвитку подій, або, іншими словами, – «дорожню мапу» подальших дій, що звичайно висвітлює низку кроків від самого початку (тобто від формулювання завдання) до кінцевої мети – реалізувати чисельний експеримент щодо пошуку бджолами джерела харчів.

Як поводитись, спираючись на цю схему? Якщо наступним кроком у нас є «Математичне моделювання», то для будування математичної моделі явища треба уявити побільше інформації про те саме Природне явище, що досліджується.



Отже, треба зібрати та осмислити великий об'єм інформації про те, як... :

1) як бджоли-розвідники певної сім'ї *знаходять ділянки з медоносними квітами*;

а також...

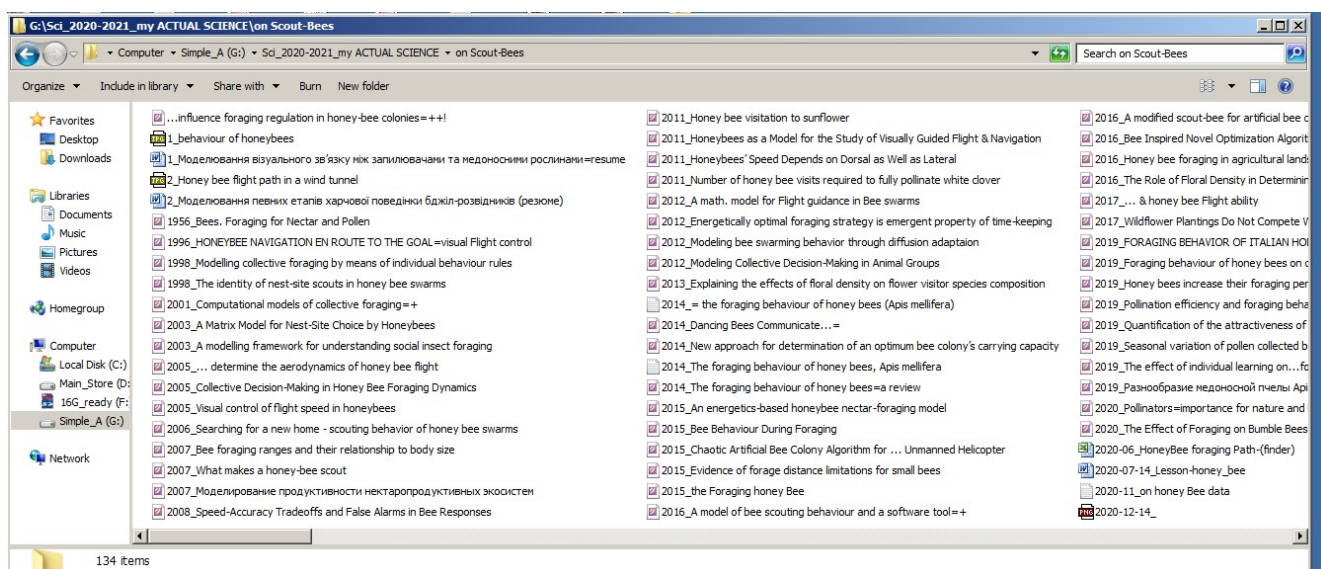
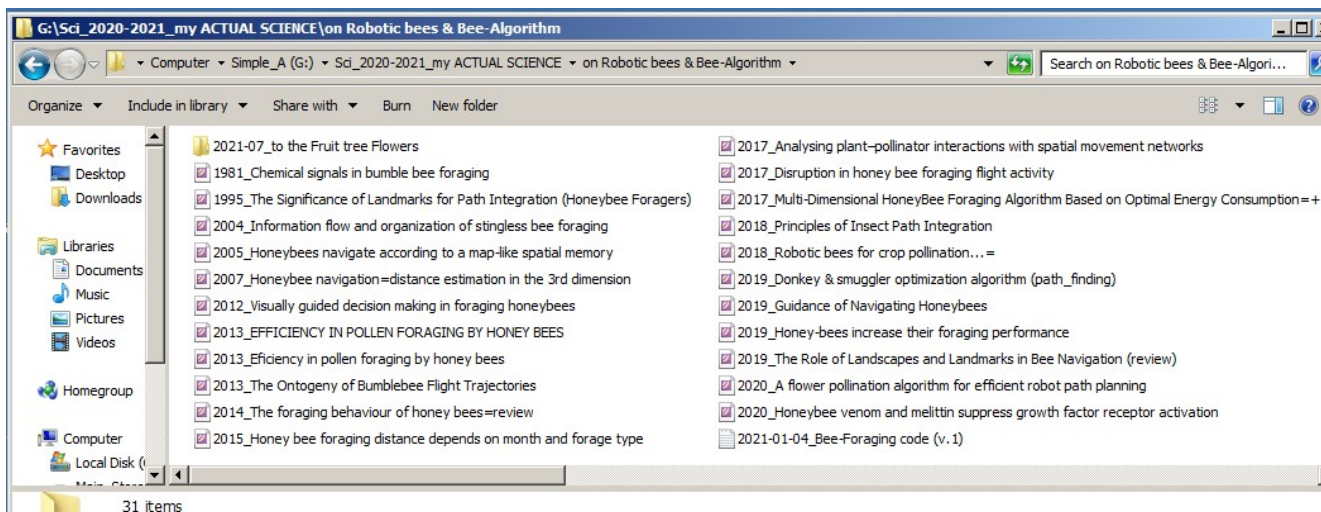
2) як бджоли, вже перебуваючи на квіткових ділянках, *знаходять потрібні квіти з максимальним запасом споживних речовин*; а потім ці бджоли *збирають такі речовини та повертаються з цим корисним вантажем* до родинного гнізда.

Тепер вочевидь, що можна запланувати два чисельних експерименти – один стосується етапу «*Дальнодії*» ← знайти квіткову ділянку, а другий – етапу «*Близькодії*» ← підлетіти до квітів майже впритул та розшукати серед них саме ті, що є повними харчів.

Після поточного ствердження є сенс визначитися: етап «*Дальнодії*» буде розглядатись першим, етап «*Близькодії*» буде розглядатись другим, і саме так буде цілком логічно.

Можна додати ще декілька загальних думок: кожний з етапів має у своєму складі як графічну (візуальну), так і розрахункову частини. І комп'ютерні розрахунки, а також візуалізація цих розрахунків спираються на попередньо створену математичну модель природного феномену (іноді ми це називаємо «*події*»). Математична модель феномену може бути складною, навіть надскладною, проте не може бути всеосяжною. Складання математичної моделі – це Майстерність, в усякому разі це те Вміння, що на поверхні не лежить, але його можна опанувати.

У своїй роботі зі створення чисельних експериментів ми користуємося лише перевіреними науковими даними – це інформація, взята зі спеціалізованих наукових видань (див. ілюстрацію нижче):



Як видно, тут розкриті 2 папки з інформацією про фуражну поведінку бджіл – одна папка містить 31 найменування сучасних наукових досліджень, а друга – 134 найменувань, звісно, це зовсім інші праці).

Тепер зосереджуємось на першому фрагменті вже відомої схеми, а саме: «Природне явище (феномен)» ⇒ «Математична модель». В даних межах ми збираємо факти про феномен, що досліджується, як то кажуть, «постійно маючи на увазі» ту саму математичну модель, яку ми хочемо побудувати. Але краще сказати – зможемо побудувати, і ще відвертіше – намагаємося *грамотно скласти*!

Кожна **модель** зазвичай відображає **певні якості** якогось об'єкту, або «того, що є реальним у Світі або існує у нашому уявленні». Зверніть увагу: саме «**певні**» якості, проте не всі!

А якщо про **математичну модель** об'єкту або природного феномену, то ми поділяємо той погляд, що до математичного моделювання можна віднести процес створення системи математичних рівнянь, що описують певні риси обраного феномену або предмету.

Які ж «риса» харчової поведінки ми будемо розглядати з точки зору математичного моделювання? – Почнемо потроху перелічувати...

По-перше, **про простір**, де заплановано розгортання подій: наскільки він буде реалістичним? які «просторові риса» треба або вдасться відобразити при моделюванні? як впливають температурні характеристики оточуючого повітря на поведінку бджіл? як враховувати вітер? – від «наявності вітру» взагалі до впливу напряму та швидкості вітру (розглядаються як параметри *мінливого* вітру) на здатність бджіл не тільки знайти медоносні квіти, а також здатність бджіл до них успішно долетіти.

По-друге, **про самих бджіл-розвідників**: для більш-менш вдалої моделі треба закласти у якості вхідних даних кількість готових до польотів бджіл-розвідників, кінематичні дані щодо пересування бджіл, здатність бджіл ефективно знаходити медоносні квіти, а також здатність бджіл ефективно переносити знайдені у квітах споживчі речовини, ... (звісно, *це ще не все, що потрібно для більш-менш реалістичного моделювання*).

Нижче приведені декілька фактів із реального життя медоносних бджіл, які ми вважали за потрібне врахувати при моделювання певних проявів фуражної поведінки бджіл (*нагадуємо, що інформаційні джерела – наукові публікації*).

1) Медоносні бджоли даної колонії (сім'ї) можуть мандрувати на великі відстані (≥ 14 км) та у кількох напрямках одночасно задля збору нектару чи пилку з кількох джерел їжі (квіткових полян, чи «медоносних ділянок»). Невелика части-

на колонії постійно обшукує довкілля у пошуках нових квіткових ділянок. ← *це треба математично описати!*

2) У процесі ініціалізації процесу пошуку n_{scout} бджіл-розвідників випадково поміщаються (тобто розподіляються на групи) в область пошуку і оцінюють придатність квіткових ділянок, на які вони приземляються. ← *це треба математично описати!*

У процедурі набору «бажаючих_допомогти» бджоли-розвідники (або бджоли-скаути, n_{scout}), які відвідали найкращі місця – квіткові «поляни» ($n_{best} \leq n_{scout}$), виконують *the waggle dance* («танець виляння»). Таким чином вони «вербують» збирачів для подальшого пошуку околиць найбільш перспективних ділянок. Скаути, які знайшли найкращі плантації $n_{elite} \leq n_{best}$ (елітні ділянки: $n_{best} - n_{elite} \geq 0$), набирають по n_{r_e} фуражирів-рекрутів кожен, тоді як скаути, що залишилися ($n_{best} - n_{elite}$), набирають по $n_{r_b} \leq n_{r_e}$ збирачів кожен. Таким чином, кількість бджіл-фуражирів (рекрутів), що наймаються, залежить від прибутковості джерела корму.

Далі – ще декілька даних про бджіл, їх поведінку та оточуюче середовище, що буде потрібно для реалістичного моделювання:

- крейсерська швидкість польоту бджоли (вважається стабільною величиною): $V_{common} \approx 3 \text{ м/с}$ (але треба пам'ятати, що існує мінімальна та максимальна швидкості пересування бджіл, і всі названі величини мають не аби яке значення як для реального, так і для віртуального досвіду);
- створення віртуального (або цифрового) «ландшафту», тобто квіткових полян, або «місць_для_харчування», – це 4-8 «злегка блукаючих» майданчиків з нектароносними квітами (на одній такій ділянці може бути N_{flora_i} квіток);
- утворюється «будиночок» колонії; у цій колонії є всього N_{bees} бджіл, з яких (4...5) %% бджіл-розвідників ($N_{scout} \approx (0.04...0.05) \times N_{bees}$);
- з будиночка колонії протягом світлового дня вилітають N_{scout} бджіл-розвідників цієї колонії; кожна з них вилітає із ймовірністю 97% $n_{outdoor}$ разів;

- тривалість світлового дня є випадковою величиною з діапазону (9...13) годин; за годину бджола-розвідник може вилетіти 3 рази: $n_{outdoor} \in [27...39]$; $\Rightarrow$ формуємо «коефіцієнт вильоту»: $outdoor_{rate} = 0,97 \times Rnd()_{27}^{39}$;
- бджола-розвідник, що вилетіла на пошуки, літає по території «своїї» колонії за дуже вузьким еліпсом за принципом «вперед $\leftrightarrow$ назад» з метою натрапити на галявину медоносних квіток та оцінити (і, звісно, запам'ятати!) «*прибутковість* цих джерел енергії» (тобто + оцінити рясність даної медоносної ділянки); $\Rightarrow$ рясність медоносних квітів бджола може оцінити за інтенсивністю їхнього запаху (тобто запах сприймати як адитивну величину);
- «прибутковість» F_{profit} медоносної квітки можна оцінити відповідним коефіцієнтом, наприклад, $F_{profit} \in [0.15...0.95]$;
- «прибутковість» $Floral_{honey}$ медоносної ділянки можна оцінити чисельно:
$$Floral_{honey} \approx N_{floral} \cdot F_{profit} \cdot$$

(це ще далеко не все для віртуального відтворення «реальних подій»,
але десь так...)

Так, завдання СКЛАДНЕ. Ми попереджали про це вголос. Але дорогу здолає тільки той, хто йде!

Що далі? – про це наступного разу.

(а далі буде...)