

Кирило КАЛІНІН, студент,
Наталія МАНІЧЕВА, канд. техн. наук, доц.,
Наталія ТІТОВА, д-р техн. наук, проф.,
Ігор ШАПОВАЛОВ, канд. фіз.-мат. наук, доц.,
Артем БАРБАШИН, аспірант
Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна, vmanichev@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ СТРУКТУР ОРГАНІЗМУ ЧОЛОВІКА З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИНЦИПІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Анотація. Застосувати принципи системного аналізу для вивчення взаємодії структур організму людини з метою розкриття внутрішніх механізмів та взаємозв'язків між органами та системами організму. Основні цілі включають аналіз і прогнозування впливу цих взаємодій на функціонування організму, розробку стратегій індивідуального підходу до лікування та підтримки здоров'я, а також виявлення можливих шляхів оптимізації внутрішніх процесів для підвищення загального стану здоров'я людини.

Ключові слова: системний аналіз, взаємодія структур, принцип емерджентності, голістичний підхід, статистичний аналіз даних, організм людини.

У зв'язку зі складністю внутрішніх процесів організму людини, розуміння взаємодії його структур є критичним для розвитку медичної науки та покращення підходів до лікування та діагностики різних захворювань. Введення в системний аналіз взаємодії структур організму людини. У сучасній науці системний аналіз постає як інструмент вивчення складних взаємозв'язків в організмі людини. Цей підхід ґрунтується на уявленні про людський організм як інтегровану систему, що включає органи, тканини, клітини та їхню взаємодію.

Розуміння цього складного взаємозв'язку надає можливість поглибленого аналізу функціонування організму, а також розробки нових стратегій підтримки здоров'я та лікування захворювань [1].

Принципи системного аналізу, включаючи голістичний підхід та облік взаємодії елементів загалом, відіграють ключову роль розумінні складності організму человека. Ці принципи дозволяють перейти від вивчення окремих компонентів організму до аналізу їх взаємозв'язків, що є суттєво важливим для оптимального функціонування та підтримки здоров'я людини. Розкриття значущості системного аналізу в даному контексті допоможе усвідомити його вплив на сучасну медичну практику та наукові дослідження.

Наприклад, в галузі імунології системний підхід необхідний для розуміння імунної відповіді на вакцинацію, інфекцію та хвороби, оскільки вони включають складні взаємодії між великою кількістю генетичних, епігенетичних, фізіологічних та екологічних факторів. Стратегії на рівні систем можуть в кінцевому підсумку бути застосовані для кращого розуміння молекулярних змін у людини при впливі на вакцину або імунотерапевтичний засіб, для розуміння механізмів, що лежать в основі захворювань або патогенезу, і характеристики ефекту конкретних викликів для імунної системи [1, 2].

Системний аналіз також включає визначення процесів, спрямованих на досягнення кінцевого результату. Кожна система матиме специфічні варіації, засновані на продукті чи послугі, але більшість із них слідуватиме загальної рамці. Важливим кроком є визначення людського компонента. Оцінюються взаємозв'язки всіх зацікавлених сторін у системі, які можуть включати, хоча й не обмежуються: політиками або рішеннями, що приймають, лідерами, співробітниками, клієнтами, одержувачами, кредиторами, постачальниками та конкурентами.

Основні принципи системного аналізу для вивчення взаємодії структур організму людини спираються на декількох ключових принципів. Серед них виділяється голістичний підхід, який передбачає розгляд організму як цілісної системи, що включає взаємозалежні компоненти. Іншим важливим принципом є принцип зворотного зв'язку, який дозволяє аналізувати взаємодію між елементами системи та їх вплив один на одного. Також значимим є принцип емерджентності, що описує появу нових властивостей системи завдяки взаємодії її елементів. Ці принципи забезпечують методологічну основу розуміння взаємодії структур організму людини з допомогою системного аналізу. Під час вивчення взаємодії структур організму людини застосовуються різні методи

системного аналізу. У тому числі слід зазначити метод математичного моделювання, що дозволяє створювати моделі взаємодії організму з урахуванням математичних рівнянь. Також використовується мережевий аналіз, який допомагає візуалізувати та аналізувати мережі взаємодії біологічних структур [3]. Додатково застосовуються методи комп'ютерного моделювання та статистичного аналізу даних для виявлення закономірностей та патернів взаємодії структур організму.

Цей набір методів забезпечує комплексний підхід до вивчення взаємодії структур в людини з використанням принципів системного аналізу. Системний аналіз у вивченні взаємодії структур організму людини ґрунтується на кількох ключових принципах:

Голістичний підхід. Цей підхід передбачає розгляд організму як цілісної системи, що складається із взаємозалежних компонентів. Наприклад, в галузі психології голістичний підхід підкреслює взаємозв'язок різних аспектів функціонування людини, таких як думки та емоції, які можуть бути під впливом соціальних відносин, культурного контексту, фізичного здоров'я та навколишнього середовища. Це концепція, закладена у різних наукових та філософських дисциплінах, яка визнає важливість розгляду об'єкта дослідження чи системи загалом, а не лише через призму його складових частин. Цей підхід знаходить своє застосування у різних галузях, починаючи від біології та медицини, і закінчуючи соціологією, психологією та екологією. Наприклад, у медицині голістичний підхід передбачає як лікування симптомів хвороби, а й аналіз зв'язків між фізичним, психологічним і соціальним станом пацієнта [4]. Такий підхід сприяє більш глибокому розумінню причин захворювань і дозволяє розробляти ефективніші методи лікування, включаючи не лише фармакологічні препарати, а й психотерапію, зміну способу життя та соціальну підтримку. У психології голістичний підхід наголошує на взаємозв'язку між різними аспектами психіки людини. Він дозволяє враховувати вплив як внутрішніх процесів (наприклад, думок і почуттів), а й зовнішніх чинників (культурного оточення, соціальних взаємодій) формування особистості і поведінкових патернів.

В екології голістичний підхід спрямований на розуміння взаємозв'язку між живими організмами та навколишнім середовищем. Він підкреслює, що будь-які зміни в екосистемі можуть вплинути на всі її компоненти, викликаючи ланцюгові реакції та зміни в динаміці системи в цілому.

Таким чином, голістичний підхід відіграє ключову роль у наукових дослідженнях, збагачуючи розуміння світу через розгляд об'єктів дослідження як взаємопов'язаних систем, що функціонують як єдине ціле [5].

Принцип зворотний зв'язок. Цей принцип дозволяє аналізувати взаємодію між елементами системи та його вплив друг на друга. Прикладами процесів, що контролюються зворотним зв'язком, є регулювання температури тіла та контроль рівня глюкози в крові. Це ключовий механізм, який використовується в системах для підтримки стійкості та контролю. Цей принцип передбачає, що інформація про результат виконання дії або процесу повертається назад до вихідної точки, щоб коригувати чи регулювати подальші дії. Зворотний зв'язок дозволяє системі адаптуватися до змін у навколишньому середовищі та підтримувати певні параметри чи цілі.

Приклади принципу зворотний зв'язок можна побачити у різних аспектах життя. У медицині системи зворотний відіграють важливу роль у підтримці фізіологічних процесів. Наприклад, регуляція температури тіла: коли температура організму піднімається вище за певний рівень, це виявляється сенсорами, після чого інформація надходить у центральну нервову систему, яка запускає процеси охолодження організму (підвищення потовиділення, розширення судин шкіри тощо), щоб повернути температуру до нормального рівню. В області технології зворотний зв'язок використовується для управління різними системами, наприклад, автоматичному регулюванні температури в приміщенні або для стабілізації польоту безпілотних літальних апаратів.

Крім того, принцип зворотного зв'язку широко використовується в управлінні та бізнесі. Наприклад, зворотний зв'язок від клієнтів може допомогти компаніям покращувати свої продукти або послуги, враховуючи потреби та переваги клієнтів. Цілей є важливими аспектами функціонування системи [3, 6].

Принцип емерджентності. Цей принцип описує появу нових властивостей системи завдяки взаємодії її елементів. Є ключовим концептом у вивченні систем та комплексних структур. Він відноситься до властивостей або характеристик системи, які виникають в результаті взаємодії її елементів, але не можуть бути пояснені виключно через вивчення окремих частин системи. Емерджентні властивості можуть виникати різних рівнях організації системи. Наприклад, в біології, властивості живого організму, такі як свідомість, самоорганізація клітин у тканині або поведінкові

особливості, є емерджентними, оскільки вони виявляються лише на рівні організму в цілому, але не можуть бути передбачені з вивчення окремих клітин. Виникнення нових явищ чи структур завдяки взаємодії людей групи чи суспільстві. Культурні норми, мова, соціальні інститути – всі вони є емерджентними властивостями соціальних систем, що виникають із дій та взаємодій окремих індивідів [3, 5]. Принцип емерджентності часто використовується для пояснення складних феноменів, які не можна звести до простих компонентів системи. Розуміння емерджентності дозволяє побачити систему як ціле, що має властивості, які не притаманні її окремим елементам, що відкриває нові перспективи для вивчення та управління різними системами, чи то біологічні, соціальні чи технічні. При вивченні взаємодії структур організму людини застосовуються різні методи системного аналізу:

Математичне моделювання. Цей метод дозволяє створювати моделі взаємодії організму на основі математичних рівнянь. Математичне моделювання є процес створення абстрактних уявлень реальних систем з використанням математичних рівнянь і символів. Цей метод дозволяє вченим, інженерам та дослідникам вивчати та аналізувати поведінку, динаміку та взаємодії різних систем, використовуючи математичні формули, рівняння та комп'ютерні алгоритми. У контексті взаємодії організму математичне моделювання може бути використане для створення моделей, які описують різні аспекти функціонування організму. Наприклад, моделювання фізіологічних процесів органів, циркуляції крові або поширення певних речовин в організмі може бути виконане з використанням рівнянь, що описують ці процеси. Такі моделі можуть допомогти вченим краще зрозуміти, як працює організм, які фактори впливають на його функціонування, і які механізми стоять за різними фізіологічними явищами. Це може бути особливо корисним у медичних дослідженнях, де проведення експериментів на організмах може бути складним або етично неприйнятним. Вони ґрунтуються на припущеннях та обмеженнях, які можуть впливати на точність прогнозів. Тим не менш, при правильному використанні та калібруванні моделей, математичне моделювання залишається потужним інструментом для вивчення та аналізу складних систем, включаючи взаємодію організму [7].

Мережевий аналіз. Цей метод допомагає візуалізувати та аналізувати мережі взаємодії біологічних структур. Процес починається із збору даних про взаємодії між різними біологічними елементами. Наприклад, у разі геноміки це можуть бути дані про взаємодії генів або білків, а у випадку метаболоміки – про хімічні реакції між метаболітами. Потім ці дані про взаємодії подаються у вигляді графа, де вузли є біологічними компонентами, а ребра – взаємодії між ними. За допомогою мережевого аналізу вчені можуть візуалізувати ці мережі, що дозволяє краще зрозуміти та вивчити структуру та властивості біологічних систем [4,6]. Наприклад, аналіз мереж генних взаємодій може допомогти виявити ключові гени чи зрозуміти шляхи, пов'язані з певними хворобами. У метаболоміці мережевий аналіз може допомогти в ідентифікації важливих метаболітів та їхнього впливу на біологічні процеси.

Комп'ютерне моделювання. Цей метод використовується для створення деталізованих та точних моделей взаємодії структур організму, за допомогою якого створюються комп'ютерні моделі або симуляції, що описують поведінку і взаємодію структур або систем, включаючи організми. Цей метод дозволяє створювати деталізовані та точні моделі для вивчення різних аспектів функціонування організму на різних рівнях – від молекулярного до організмового.

При комп'ютерному моделюванні вчені використовують математичні моделі, рівняння та алгоритми, щоб описати та симулювати поведінку біологічних систем. Наприклад, такі моделі можуть включати інформацію про молекулярну структуру білків, генетичні взаємодії, фізіологічні процеси або навіть структуру і функціонування цілих органів. Переваги комп'ютерного моделювання включають можливість вивчення системи в умовах, які складно або неможливо створити в реальних експериментах. Це також дозволяє проводити безліч віртуальних експериментів для того, щоб вивчити поведінку системи в різних умовах або під різними впливами без необхідності проведення фізичних експериментів. нових лікарських засобів [7].

Статистичний аналіз даних. Цей метод використовується для виявлення закономірностей взаємодій структур організму, може включати різні методи, включаючи описову статистику (наприклад, середні значення, дисперсія, кореляції), інференціальну статистику (наприклад, тести гіпотез, аналіз дисперсії, регресійний аналіз) і багато інших статистичних методів.

У контексті вивчення організмів статистичний аналіз даних може застосовуватися для:

– *аналізу клінічних даних:* оцінки ефективності лікування, дослідження факторів, що впливають на захворювання, визначення кореляцій між різними показниками здоров'я;

– *геноміки та біоінформатики:* дослідження генетичних даних для визначення зв'язків між генами, виявлення мутацій, аналізу експресії генів;

– *експериментальної біології*: оцінки результатів експериментів, порівняння різних умов експериментів виявлення статистично значимих відмінностей;

– *вивчення популяцій*: оцінки динаміки популяцій, зв'язок між чинниками довкілля та здоров'ям живих організмів.

Інтегрований аналіз взаємодії структур організму людини є складним і багаторівневим процесом, який включає вивчення взаємозв'язків між різними органами, тканинами і клітинами. Цей підхід дозволяє побачити «велику картину», поєднуючи окремі елементи в єдину систему і дозволяючи дослідникам побачити взаємозв'язки та взаємодії, які можуть бути неочевидними щодо окремих компонентів. Наприклад, в галузі імунології системний підхід необхідний для розуміння імунної відповіді на вакцинацію, інфекцію та хвороби, оскільки вони включають складні взаємодії між великою кількістю генетичних, епігенетичних, фізіологічних та екологічних факторів [5, 7].

Стратегії на рівні систем можуть в кінцевому підсумку бути застосовані для кращого розуміння молекулярних змін у людини при впливі на вакцину або імунотерапевтичний засіб, для розуміння механізмів, що лежать в основі захворювань або патогенезу, і характеристики ефекту конкретних викликів для імунної системи.

У процесі дослідження виявлено основні чинники, що визначають ефективність взаємодії структур організму людини. Серед них виділяються рівень гормонального балансу, якість імунної реакції, адаптивні можливості нервової системи та багато інших аспектів, що впливають на взаємодію внутрішніх систем організму.

Висновки

Розуміння взаємодії структур організму людини має значення для розвитку медичної науки і практики. Глибоке розуміння цих взаємодій, отримане з допомогою системного аналізу, дозволяє як повно оцінити функціонування організму лише на рівні систем, а й розробляти персоналізовані методи лікування, враховуючи індивідуальні особливості кожного пацієнта. Ґрунтуючись на результаті дослідження взаємодії структур організму, майбутні медичні практики можуть бути покращені та адаптовані для підвищення ефективності лікування різних захворювань та покращення загального здоров'я людини.

Застосування принципів системного аналізу для вивчення взаємодії внутрішніх систем людського організму має великі перспективи для подальших досліджень. Це включає розробку нових методів діагностики, які враховують комплексну взаємодію різних систем, а також створення інноваційних стратегій лікування, спрямованих на корекцію та оптимізацію внутрішніх процесів. Майбутні дослідження в цій галузі можуть сприяти глибшому розумінню внутрішніх механізмів організму та розвитку персоналізованих підходів догляду за здоров'ям людини.

Література

1. Trautmann L, Sekaly R. Solving vaccine mysteries: a systems biology perspective. *Nat Immunol.* (2011) 12:729. DOI: 10.1038/ni.2078.
2. Zhang, Q., Meng, XH., Qiu, C. et al. Integrative analysis of multi- omics data to detect underlying molecular mechanisms for obesity in vivo in humans. *Hum Genomics* 16 , 15 (2022). URI: <https://doi.org/10.1186/s40246-022-00388-x>.
3. Rogers, Kara. “Tissue engineering”. *Encyclopedia Britannica*, 10 Dec. 2018, URI: <https://www.britannica.com/science/tissue-engineering>. Accessed 1 December 2023.
4. Liang, H., Xie, W., Wei, P. et al. Identification of Human Body Dynamics від Human-Structure System: An Experimental Study. *Exp Tech* 47, 449-470 (2023). URI: <https://doi.org/10.1007/s40799-022-00548-7>.
5. Titova N., Manicheva N., Romanyuk S., Pirotti E., Pirotti A. Mathematical model for determining the internal electromagnetic field in a small fish (whitebait). / N. Titova, N. Manicheva, S. Romanyuk, E. Pirotti, A. Pirotti. // *Proceedings of Odessa Polytechnic University*. – Odesa, Ukraine, 2020. Issue 3(62). P. 113-118. DOI: 10.15276/opu.3.62.2020.13.
6. Manicheva, N., Titova, N., Prokopovych, I., Kasian, S. (2022). Method of analysis of hierarchies in decision making in medicine. *Odes`kyi Polytechnichniy Universytet, Pratsi*, 1 (65), 99–108. Method of analysis of hierarchies in decision making in medicine / N. Manicheva, N. Titova, I. Prokopovych, S. Kasian // *Пр. Одес. політехн. ун-ту*. – Одеса, 2022. – Вип. 1 (65). – P. 99–108. DOI: 10.15276/opu.1.65.2022.12.
7. Манічева Н.В., Мосейкіна С.О. Використання метода аналізу ієрархій при прийнятті рішень при лікуванні хворих та створення статистичних даних. / Н.В. Манічева, С.О. Мосейкіна. // *Materials of the International Internet Conference «Modern chemistry of medicines»*, May 18, 2023, Kharkiv, Ukraine. P. 191-192. URI: <https://drive.google.com/file/d/147icDZVWg6qtn2lJeJsf1ZrCNbtINOT6/view>.