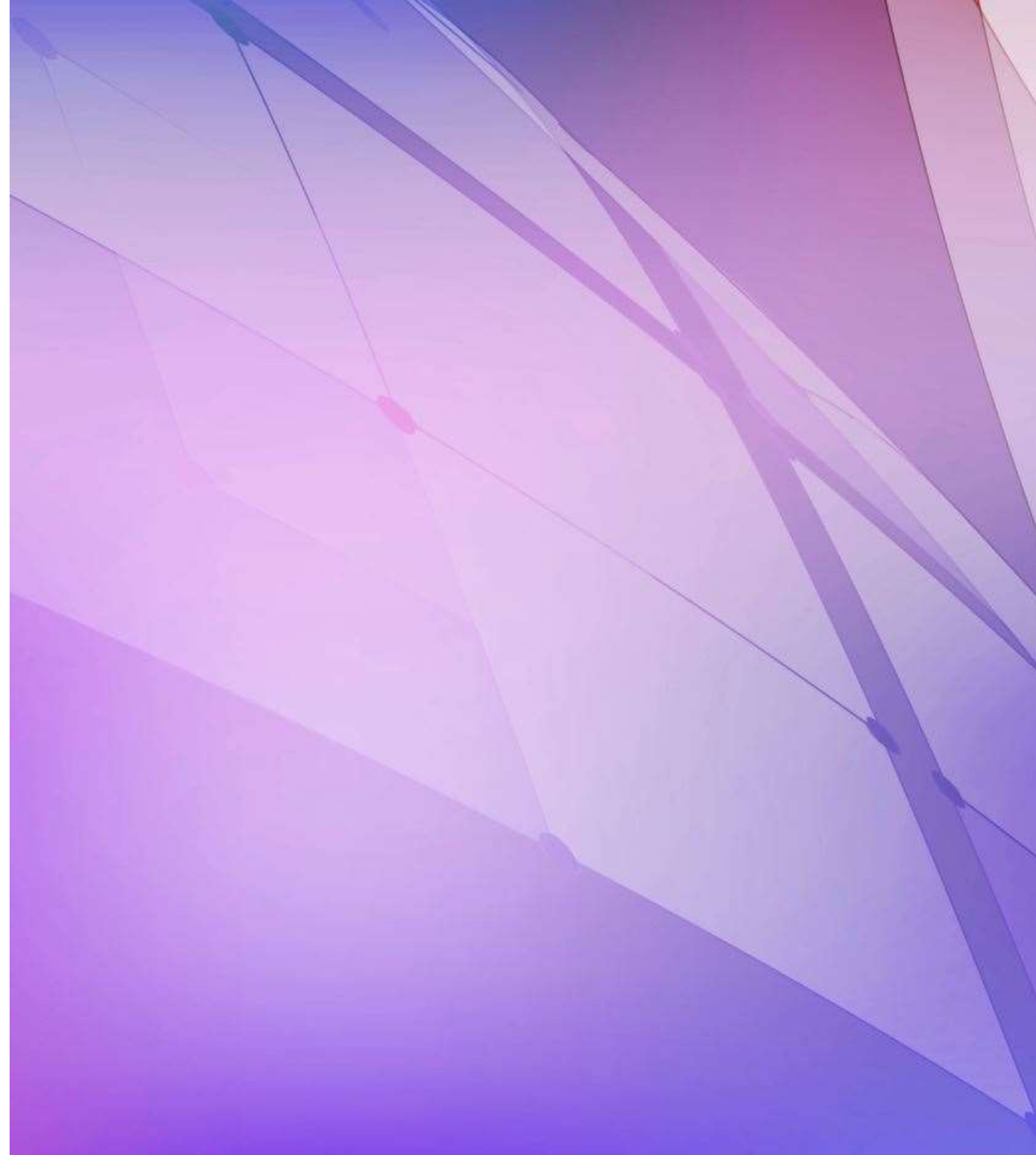


ЛЕКЦІЯ №3

Основні поняття й етапи системного аналізу



1. Еволюція природних систем і соціоекологічне моделювання

2. Основні поняття й етапи системного аналізу

3. Методологічні питання системного підходу

4. Індуктивні методи системного моделювання й прогнозування стану довкілля

1. Еволюція природних систем і соціоекологічне моделювання

Оскільки вплив антропогенної діяльності зростає так, що може призвести до незворотних негативних наслідків для існування людства, то в епоху ноосфери необхідно перейти до спрямованого еволюційного процесу, коли відповідальність за подальший його розвиток повинен взяти на себе колективний розум.

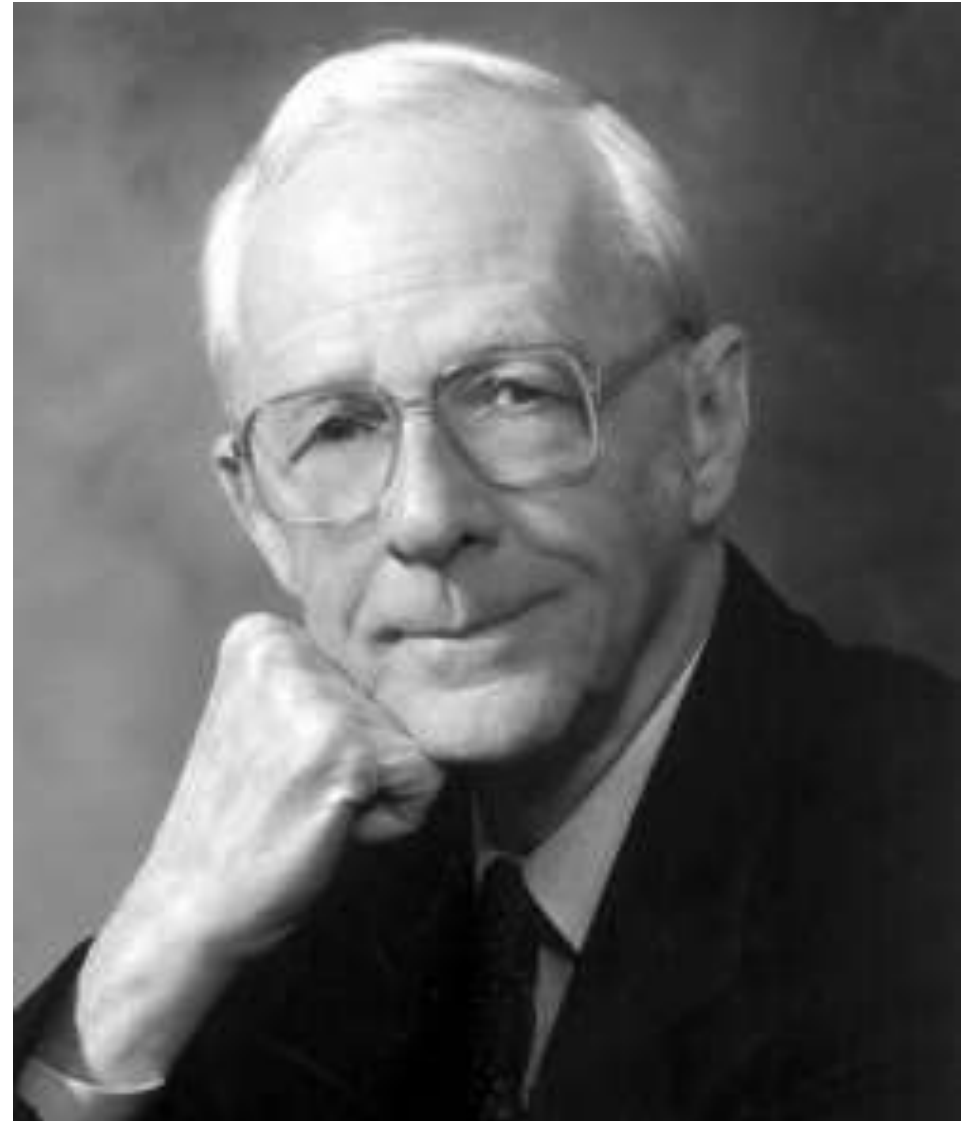
Отже, постає завдання гармонійного розвитку природи й суспільства, що передбачає задоволення не тільки цілого комплексу суспільних потреб, а й збереження природного середовища. На сьогодні це — одна з найважливіших суспільних потреб, яка забезпечує усунення негативних впливів як на сучасному етапі, так і в далекій перспективі. Таке завдання має вирішувати нова наука — соціоекологія.

Якщо предметом теоретичної соціоекології є вивчення закономірностей взаємодії суспільства й природи, розробка загальної теорії гармонізації такої взаємодії, то предметом прикладної соціоекології є вивчення й моделювання соціоекосистем з метою їх оптимізації та управління їх гармонійним розвитком.

Соціоекологічне моделювання як метод прикладної соціоекології має забезпечувати інформаційні технології прийняття рішень і бути сполучною ланкою між природно-технічними системами, і яких розглядаються варіанти дій, технологій, проектів, та соціоекологічною системою, де дані варіанти оцінюються з соціоекологічних позицій.

Прикладами соціоекологічного моделювання є моделі глобального розвитку, регіональні та локальні моделі.

Моделі глобального розвитку описують процеси розвитку економіки, демографії й забруднення навколишнього середовища. Загальний підхід для опису світового соціоекологічного процесу запропонував у своїх «моделях світу» Дж. Форрестер.



«Моделі світу» — це популярне в 70-ті роки минулого століття математичне моделювання майбутнього розвитку людства, його взаємовідносин з природними ресурсами та біосферою в цілому. Особливо відомі роботи, пов'язані з Римським клубом («Межі зростання», 1972 р.; «Людство на перехресті» 1974 р. та ін.) — неурядовою науково-дослідною організацією (створеною в 1968 р. відомим вченими, представниками ділових та політичних кіл), що мала на меті вивчення «сценаріїв» майбутнього розвитку людства в його взаємовідносинах з природою.

Побудовані різні сценарії майбутнього розвитку людства вказували на те, що зростання капіталу, енергоозброєності, кількості населення, обмеженості земних ресурсів, а також зростання забрудненості ноосфери неминуче призводять людство на грань катастрофи. Модель глобального розвитку показала принципову можливість вивчення цілої низки соціоекологічних проблем методами системного моделювання. І хоч розроблені сценарії мають обмежену прогностну цінність на далеку перспективу внаслідок вузького використання інформаційної бази, їхнє важливе значення полягає в тому, що вони не тільки попередили людство про можливість катастрофічних наслідків сучасного антропогенного процесу, а й дали змогу сформулювати перспективні проблеми, від вирішення яких залежить доля суспільства (продовольча, технологічна, психофізіологічна кризи тощо).

Прикладом успішного глобального моделювання соціоекологічних процесів є модель «Гея», за допомогою якої досліджувалися сценарії і катастрофічних наслідків ядерної війни.

Більшість імітаційних глобальних соціо-еколого-економічних моделей (у тому числі й Римського клубу) не орієнтовані на відшукання гармонії людини з природою. Вони лише описують пасивні зміни природних характеристик унаслідок активної діяльності людини. З позицій встановлення гармонії інструментарієм системного аналізу є ***імітаційно-оптимізаційні методи***, які дають змогу знаходити компромісні варіанти в єдиній системі взаємодії природи й суспільства.

Регіональні моделі описують взаємодію суспільства з природою на регіональному рівні, їх можна представити імітаційною моделлю (наприклад, модель Азовського моря, оз. Онтаріо, еколого-економічна модель р. Дніпро та забруднення оз. Байкал).

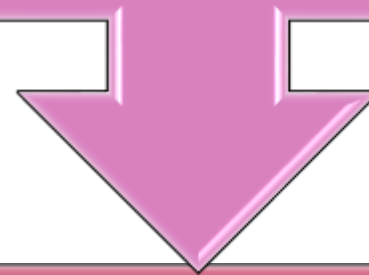
|

Локальні моделі здебільшого описують процеси поширення забруднень на локальних територіях (частини міста, окремі поля тощо); за критеріями гранично допустимих викидів або гранично допустимих концентрацій оцінюють вплив цих забруднень на здоров'я людини.

Такі моделі є основою для прогнозування стану довкілля, оптимізації варіантів розвитку продуктивних сил і створення соціально задовільних (комфортних) умов проживання людей на локальній території.

2. Основні поняття й етапи системного аналізу

Основними елементами кількісного системного аналізу є мета, альтернативи, витрати (ресурси), критерії, сценарій, системна модель. Мета розглядається як результат певного курсу дій.



Вона формується з урахуванням бажаних або необхідних потреб, а також реальних наукових, технічних та економічних можливостей. Джерелом формування мети є необхідність неформальних суджень про суть і масштаби проблеми, аналіз досвіду минулого, прогнози спеціалістів.

Альтернативи — це варіанти (способи) можливих розв'язків задачі.

Аналіз систем має не тільки містити детальне порівняння відомих варіантів, а й досліджувати можливості створення нових альтернатив.

Витрати визначаються кількістю ресурсів, необхідних для здійснення кожної з альтернатив, оскільки певному виборі рішення відповідають певні витрати.

Критерії — це кількісні показники (функції або правила), що забезпечують зіставлення й вибір пріоритетних альтернатив з урахуванням витрат та їхнього внеску в досягнення позначеної мети.

Сценарій — логічний і правдоподібний опис майбутніх подій із установленням приблизного часу їх здійснення і зв'язків, унаслідок яких дані події можуть відбуватися. Під час моделювання сценарію намагаються визначити, як, виходячи з даної ситуації, крок за кроком «розгортається» майбутній стан системи та зовнішніх умов. Сценарій — це не передбачення і не прогноз; це показ варіантів можливої ситуації в майбутньому і спроба встановити послідовність подій, що її зумовлюють.

Системна модель є приблизним, або спрощеним, зображенням структури зв'язків і дій конкретної аналізованої системи для отримання певної інформації про цю систему.

Отже, ***системний аналіз*** — це методологія дослідження об'єктів на основі зображення їх у вигляді систем і аналізу цих систем методами логічного, математичного або натурного (системного) моделювання, що є ефективним засобом розв'язування складних, недостатньо чітко сформульованих завдань.

Системний аналіз полягає в постановці проблеми, її структуруванні в серію задач і під задач, у деталізації мети, конструюванні ефективної організації процесу для її досягнення.

Як і в разі моделювання довільних систем, системний аналіз, що є інструментом вивчення й гармонізації взаємин природи й суспільства, складається з таких основних етапів:

1. Формулювання санітарно-гігієнічних, еколого-економічних, соціальних та інших критеріїв, у межах яких можна судити про стан і необхідність поліпшення довкілля.
2. Локалізація мети й питань системного дослідження; формулювання словесної причинно-наслідкової (вербально-казуальної) моделі структури й поведінки системи для досягнення позначеної Мети.
3. Реалізація синтезу формальної моделі: визначення структури елементів; ідентифікація законів їхнього функціонування і взаємодії; визначення відгуків системи (системних критеріїв) як наслідків взаємодії елементів та зовнішнього середовища.
4. Здійснення імітаційно-ігрового моделювання за різних впливів зовнішнього середовища й різної структури елементів; за сформульованими критеріями визначаються найперспективніші варіанти.

На першому етапі критерії виступають як метакритерії, що виражають наприклад, недопустимість поширення забруднень і збереження їхніх концентрацій у заданих межах, виконання санітарно-гігієнічних та економічних нормативів. Це, як правило, найзагальніші соціально-екологічні регламенти й вимоги концептуального характеру.

На другому етапі задача системного аналізу полягає в локалізації мети (підзадач) і критеріїв для даної екологічної системи за рахунок прогнозування окремих інгредієнтів, вибору й стійкості локальних параметрів. Для побудови вербально-казуальної моделі аналізуються дані про технологічні схеми виробництва та можливі їх варіанти, види палива, структура джерел забруднення, взаємодія викидів з елементами ландшафту й метеорологічними умовами. Відповідальною ланкою на цьому етапі є вибір меж системи, який залежить від мети дослідження й узгоджується з досвідом функціонування таких систем.

Третій і четвертий етапи потребують побудови математичної моделі та її дослідження.

На різних етапах системного аналізу використовуються характерні властивості систем і відповідні засоби.

Ієрархія систем — це властивість систем різних типів (екологічних, природно-технічних, соціально-економічних) мати багаторівневу структуру в функціональному, організаційному або в іншому плані.

Так, у разі моделювання соціо-екологічних систем як підсистема нижчого рівня виступає природно-технічна система.

Відповідно до ієрархії систем можна будувати ієрархію системних моделей на функціональному, структурно-функціональному або теоретичному рівні.

Агрегування — перехід від детального опису соціально-екологічної системи до зображення її в більш цілісному, структурованому вигляді. За цих умов на оперативній основі можна здійснювати взаємозв'язок і узагальнення підзадач, критеріїв або змінних.

Дезагрегація — перетворення агрегованої моделі на вихідну, що дає можливість зіставлення розв'язків на рівні локальних моделей.

Декомпозиція — метод розчленування задачі системного аналізу на локальні, простіші під задачі, які розв'язуються незалежно одна від одної, з подальшою координацією одержаних результатів для розв'язання вихідної задачі.

Принцип ергодичності — відомий у статистичній фізиці принцип імовірнісних оцінок на основі заміни середньої в часі величини просторовою середньою для великої кількості систем в один і той самий момент часу.

Оброблену емпіричну інформацію можна подавати короткими рядами натурних спостережень, неузгодженими в часі й знятими з різних просторових об'єктів. У разі моделювання (наприклад полів забруднень) гіпотеза ергодичності інтерпретується як еквівалентність спостережень (за умов ідентифікації математичних моделей), одержаних у різний час і в різних точках простору.

3. Методологічні питання системного підходу

У теорії систем і взагалі в науці про системи виокремлюють два досить загальні методи, або напрями, аналізу:

-дедуктивний

-індуктивний.

Дедуктивний напрям системного аналізу передбачає підходи, що базуються на деякому загальному визначенні системи за допомогою певної (переважно формалізованої) мови.

Водночас дедуктивний напрям охоплює цілу низку підходів, які відрізняються використовуваною мовою й, очевидно, самим визначенням системи, а також її аксіоматикою.

Найвідоміші з підходів дедуктивного напрямку:



Абстрактний підхід базується на теорії множин і відношень

Система S визначається як деяке л-арне відношення на сукупності базисних множин:

$$S = \langle G, X_1, \dots, X_n \rangle,$$

де

G — графік n -арного відношення $G \subset X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$; $X_1 \dots$

X_n — базисні множини;

$\langle \dots \rangle$ — символ кортежу.

У рамках абстрактної теорії систем важливими результатами є введення поняття **стан системи**, формалізовано такі поняття, як **керованість**, **цілеспрямованість**, **адаптація**, **самоорганізація**, **відтворюваність**, **структура** та інші, побудовано теорію багатоцільових, багаторівневих абстрактних систем.

Однак у рамках цієї теорії не створено ефективних практичних методів класифікації, аналізу, синтезу та оптимізації (структур і функцій), систем.

Логіко-філософський підхід
базується на визначенні системи
через категорії речі (об'єкта),
властивості й відношення, детальний
їх логіко-філософський аналіз.

Якщо визначено деяку властивість P , а також
відношення R , що співвідноситься з цією
властивістю, і знаходиться множина елементів m ,
на якій реалізується це відношення, то звідси
впливає визначення системи S як множини
об'єктів, на яких реалізується наперед задане
відношення з фіксованими властивостями:

$$S \stackrel{df}{=} [R(m)]P, \quad (25.2)$$

де значення змінної R добираються в такий спосіб, аби задовольнити
зовнішню змінну; символ m може мати тільки такі значення, які
узгоджуються зі значеннями двох інших змінних — R і P ; значення змінної P
добираються довільно.

Системотвірне відношення (25.1) називається структурою системи. Логіко-філософський підхід до теорії систем, що виражається формулою (25.2), у разі створення відповідної мови є конструктивною основою для побудови логіко-математичного апарату системних досліджень, зокрема для класифікації систем, аналізу та еквівалентних перетворень, також застосовується в біології, лінгвістиці тонокі.

Структурно-функціональний підхід призначений для аналізу процесів і явищ функціонування соціального організму й, зокрема, різних соціальних груп

Теоретично цей підхід вивчає питання, сконцентровані навколо визначення системи:

$$S = \langle \Sigma, \Phi, E \rangle, \quad (25.3)$$

де

Σ — структура;

Φ — функції;

$E \subseteq \Sigma \times \Phi$ — відношення структури і функцій;

$|\Sigma|$ — множина елементів, з яких складається структура;

$|\Phi|$ — множина елементів, з яких складаються функції.

Зауважимо, що структурно-функціональний підхід є досить конструктивним стосовно зображення різних систем, зокрема в теорії нормальних алгоритмів Маркова, в разі дослідження керуючих систем на макро-, мікрорівні, в задачах класифікації та опису стійкості систем.

Цей підхід має важливе значення в разі моделювання етапу навколишнього середовища. Проте слід пам'ятати, що зовнішнє середовище тут править за «перешкоду» в деякій ізольованій системі і- ому під час дослідження систем «суспільство — природа» треба гак структуризувати їх, аби зовнішнє середовище було одним п елементів множини $|\Sigma|$.

Системологічний підхід виник у межах інтеграції логіко-філософського, структурно-функціонального та абстрактного підходів як новий науковий напрям — **системологія**.

Крім функцій інтегрування, системологія акцентує увагу на нових задачах і постановках, використовуючи для опису невизначених ситуацій теорію небулярностей, що узагальнює в певному розумінні теорію ймовірностей і розпливчастих множин. З системологією межують методи самоорганізації та прогнозування, ієрархічні алгоритми кластер аналізу, методи, що розвиваються як гнучкі технологічні системи й базуються на принципах інтелектуального управління.



Індуктивний напрям системного аналізу використовує поняття системи, що сформувалось у деякій конкретній науці, й узагальнює його за найширшим класом систем. Він базується на часткових прикладах систем і системного підходу, специфічних моделях і методах аналізу в даній галузі, коли використовуються як теоретична база методи дедуктивного аналізу.

Такий поділ є деякою мірою умовним, оскільки, наприклад у задачах гармонізації взаємодії природи й суспільства, слід виходити з розгляду окремих систем (глобальних, урбосоціоекології, агроекології тощо), використовуючи найадекватніші специфічні математичні методи (теорію ігор з природою, кластер-аналіз, ієрархічні методи експертних оцінок, прийняття рішень за умов невизначеності тощо), узагальнюючи їх використання на різних рівнях ієрархії за певною взаємодією та підпорядкованістю на основі дедуктивних методів.

З урахуванням можливості катастрофічних наслідків розвитку сучасних процесів, при формулюванні найважливіших проблем виживання людства значну роль відіграло глобальне соціо-екологічне моделювання (доповіді Римського клубу, система «Гея» тощо).

Розвиток природно-технічних систем має вивчатися й оцінюватися на ґрунті соціо-екологічних критеріїв нової науки — прикладної соціоекології, її основного методу — системного аналізу для оптимізації взаємодії суспільства і природи.

В основі індуктивних методів важливу роль відіграють методи опрацювання даних, пошукового й нормативного прогнозування та імітаційно-оптимізаційного моделювання, застосування яких дає змогу виробити оптимальні варіанти розвитку соціо-екологічних процесів в Україні.
