EPISTEMOLOGICAL STUDIES IN PHILOSOPHY,
SOCIAL AND POLITICAL SCIENCES

ISSN 2618-1274 (Print), ISSN 2618-1282 (Online)

Journal home page: <https://visnukpfs.dp.ua/index.php/PFS/index>

ФІЛОСОФІЯ

Валерій Георгійович Колісник

Старший науковий співробітник кафедри АПП,
Донбаська державна машинобудівна академія,
вул. Академічна, 72, п / я 13, Краматорськ,
Україна

Valery G. Kolisnyk

Senior Researcher of the Department of APP,
Donbass State Engineering Academy,
Street Academic, 72, n / a 13, Kramatorsk,
Ukraine

E-mail: v105shine@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2313-9852>

УДК 167

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДЕКОМПОЗИЦІЇ

Received 16 September 2020; revised 22 October 2020; accepted 04 November 2020

DOI: 10.15421/342030

Анотація

Робота присвячена формальному опису процедури і схеми декомпозиції довільних об'єктів: предметів, явищ, організмів, процесів в живій і неживій природі. Наведені і формально описані атрибути схеми декомпозиції: властивість об'єкта; різні види залежностей, що можуть зв'язувати властивості об'єкта; механізм декомпозиції; графічне зображення схеми декомпозиції. Описано різновиди схеми декомпозиції такі як декомпозиція ділення і декомпозиція з включення. Показано різноманіття схем декомпозиції і різноманіття механізмів декомпозиції. Формальний опис розглядається як передумова для аналізу і синтезу складних об'єктів на рівні, що відповідає рівню математичної точності і строгості. Формальне і систематичне визначення процесу декомпозиції може також сприяти синтезу знань і ефективному міждисциплінарному спілкуванню.

Ключові слова: декомпозиція, схема декомпозиції, процедура, об'єкт, властивість об'єкта, алгоритмічна залежність, механізм декомпозиції.

Formalization of the decomposition process

Abstract

The article is devoted to the formal description of the procedure and scheme for the decomposition of arbitrary objects: objects, phenomena, organisms, processes in animate and inanimate nature. Attributes of the decomposition scheme such as an object property; various types of dependencies that can bind the properties of an object; decomposition mechanism; a graphic representation of the decomposition scheme — given and formally described. Varieties of decomposition schemes such as division decomposition and decomposition with inclusion are described. The variety of decomposition schemes and the variety of decomposition mechanisms are shown.

The action of various variations of the decomposition scheme, such as: the scheme for the formation of new knowledge of the studied objects; design and production scheme for new objects: artifacts and processes; a scheme for transforming objects: modernization, reorganization, reforming, repair, etc. - formally described.

A formal description is considered as a prerequisite for the analysis and synthesis of complex objects and complex systems at a level comparable to the level of mathematical accuracy and rigor.

The synthesis and design of various multifunctional equipment, various multifactorial processes, objects and processes of art, and, in particular, systems of the IT industry - is implied. For the first time introduced and formally described the concepts "type of property" and "algorithmic dependence". Algorithmic dependence exists between types of properties. These two concepts are prerequisites for the creation and development of the theory for Software Engineering. The article mentions a similar theory. Operations with decomposition schemes are described. Most of the concepts and ideas are illustrated with examples from various fields of human activity. This is evidence that the scheme of decomposition and the process of decomposition is a general scientific and philosophical phenomenon.

The idea of a decomposition scheme can provide effective interdisciplinary communication.

Keywords: decomposition, decomposition scheme, procedure, object, object property, algorithmic dependence, decomposition mechanism.

Формализация процесса декомпозиции

Аннотация

Работа посвящена формальному описанию процедуры и схемы декомпозиции произвольных объектов: предметов, явлений, организмов, процессов в живой и неживой природе. Приведены и формально описаны атрибуты схемы декомпозиции: свойство объекта; различные виды зависимостей, что могут связывать свойства объекта; механизм декомпозиции; графическое изображение схемы декомпозиции. Описаны разновидности схемы декомпозиции такие как декомпозиция деления и декомпозиция с включением. Показано многообразие схем декомпозиции и многообразие механизмов декомпозиции. Формальное описание рассматривается как предпосылка для анализа и синтеза сложных объектов на уровне сопоставимом с уровнем математической точности и строгости. Формальное и систематическое определение процесса декомпозиции может также содействовать синтезу знаний и эффективному междисциплинарному общению.

Ключевые слова: декомпозиция, схема декомпозиции, процедура, объект, свойство объекта, алгоритмическая зависимость, механизм декомпозиции.

Вступ

Процедура декомпозиції інтуїтивно відома і зрозуміла практично будь-якому досліднику, тому що це один з основних розумових дослідних і пошукових інструментів людини [Декомпозиція]. Ця процедура точно таким же чином: інтуїтивно, зрозуміла і тим, хто далекий від дослідницької роботи. Щоб дізнатися, що знаходиться всередині предмета або організму, його поділяють на його складові компоненти: декомпонують, досліджують вміст і на підставі вмісту складають уявлення про сам об'єкт. Ця дія і є декомпозиція об'єкта. Людина, досліджуючи навколишню дійсність, застосовує декомпозицію починаючи майже з самого раннього дитячого віку. Перша поламана або розірвана іграшка – це і є декомпозиція, виконана людиною вперше в його житті.

Схема декомпозиції, що розглядається в цій роботі, дуже схожа на схеми, які використовуються в структурному аналізі [Марка, Макгоуен 1993]. Але в роботі акценти встановлюються на процедурі формування знань¹, а не на механізмі декомпонуючих конструкцій і управлінні ними [Колесник 2012]. Слід згадати IDEF (Integrated DEfinition) – методології сімейства ICAM (Integrated Computer-Aided Manufacturing) [Методологія процесу], призначені для аналізу і проектування складних систем комп'ютеризації промисловості. Сімейство методологій IDEF проектування не можуть бути засобом формалізованої системи

загального плану. Цьому є дві причини. Перша – методології обмежені предметною областю і графікою, специфічною всередині кожної області застосування, хоча і можуть досягати певної міри узагальнення [Процедура декомпозиції]. Друга – той факт, що, незважаючи на наявність словників термінів і певних правил опису, існує безлад виконавців в описі і зображенні конкретних схем декомпозиції.

Зазвичай, результатом декомпозиції є деревовидний граф. Як засіб ілюстрації деревовидний граф використовується практично без обмежень у будь-якій науковій, проектній або технічній документації. Дуже часто граф відображає реальну декомпозицію об'єктів, з якими має справу дослідник, проектувальник або інженер. Незважаючи на таке масове і повсюдне застосування декомпозиції в діяльності людини сама процедура декомпозиції ретельно не описана і не формалізована. З вузлами графа співвідносяться поняття дослідних або прикладних областей. У формалізації схем декомпозиції приховані ресурси в плані розуміння структури досліджуваних процесів і організмів, а також в плані проектування складних систем і механізмів. Відсутність систематичного і формалізованого опису є методичним упущенням при підготовці фахівців в будь-якій сфері діяльності. Формальне і систематичне визначення процесу декомпозиції може сприяти синтезу знань і ефективному міждисциплінарному спілкуванню.

¹ Поняття «знання» тут використовується в широкому, але більше практичному сенсі – властивості або характеристики процесу, об'єкта, організму; знання, які можуть бути записані або документовані; знання конкретні, часто виражені в числах, але не якесь туманне містичне «шосте» почуття, не інтуїтивне відчуття і не абстрактні припущення.

Об'єкт і процедура декомпозиції

У найзагальнішому вигляді об'єктами, які можуть підлягати декомпозиції є предмети, організми, неорганічні утворення, процеси і явища. Об'єктами декомпозиції можуть бути всі реальні об'єкти, існуючі в оточуваній людину дійсності: природні і штучні. Об'єктами можуть бути різного виду процеси, наприклад, процес травлення або процес виробництва нафтопродуктів, спостереження за експериментом, спортивне змагання або гра в комп'ютері. Об'єктами може бути і щось таке, що не має видимої форми, наприклад, різного виду договори між суб'єктами підприємницької діяльності або міждержавні угоди. У процесі дослідження людина може ідентифікувати кожен об'єкт і як тип, і як екземпляр типу².

Мета будь-якого дослідження – визначити закономірності або властивості, які характеризують об'єкт або явище. Більш точно, мета будь-якого дослідження – визначити те, як поводить себе об'єкт в різних обставинах, в різних середовищах, у взаємодії з іншими об'єктами, – визначити функції об'єкта. По суті мова йде про визначення властивостей об'єкта. Якщо мова йде про дослідження тільки явища, то тільки тому, що з явищем ще не пов'язаний ніякий об'єкт, не визначений той об'єкт, який породжує явище.

Коли робляться спроби знайти властивості або закономірності в існуванні об'єкта або явища, то це відбувається пошук чогось внутрішнього – структури, каркаса – чогось важливого в об'єкті або в явищі. Визначення внутрішнього одночасно є і узагальнення, тому що при цьому можуть відкидаються зовнішні фактори: фактори форми, середовища. Структура – це опис компонент, їх місця в об'єкті і їх взаємодія між собою і з середовищем. Як правило, на початку дослідження структури формується її модель – як гіпотеза. Модель повинна представляти щось істотне з точки зору функцій об'єкта.

У найбільш загальному вигляді пізнавальний процес – це рух від явища до сутності, – це рух від спостереження форми об'єкта до

розуміння його змісту, – це рух від феномена до ноумена. Такий рух – це рух від явних, доступних сприйняттю властивостей об'єкта до його сутнісних, як правило, прихованих властивостей. Такий рух характерний тим, що це є рух від легше визначуваних властивостей об'єкта до важче визначуваних його властивостей.

Види досліджуваних об'єктів

Декомпозиції може бути піддано все, куди спрямовується осмислений пізнавальний погляд людини. Декомпозиція передуює всьому, що має намір зробити людина, з метою подальшого використання. Тому об'єктів декомпозиції в реальному світі дуже багато. Під вплив декомпозиції можуть потрапляти:

- Об'єкти живої природи або об'єкти навколишнього неживого середовища.
- Продукти людської праці (артефакти) або процеси, що породжується людиною.
- Процеси, як динамічні об'єкти або предмети (організми), як статичні об'єкти.
- Об'єкти в діапазоні від об'єктів мікросвіту до об'єктів макросвіту.
- Об'єкти, які піддаються декомпозиції відповідно до заздалегідь складеним планом або об'єкти, схеми декомпозиції яких, можуть змінюватися в процесі дослідження.
- Технічні вироби та витвори мистецтва.
- Товари масового споживання і предмети розкоші.
- Об'єкти, на які впливають або об'єкти, за якими спостерігають без впливу на них.
- Об'єкти, які існують реально або тільки в свідомості дослідника.
- Реальні або матеріальні процеси, а також процеси, що повністю моделюються в комп'ютері³.

Людина, виконуючи декомпозицію, переслідує такі цілі або має такі наміри:

- Дослідження існуючого об'єкту. Декомпонуючи об'єкт або виокремлюючи компоненти об'єкту, людина має намір дізнатися про нові, невідомі їй раніше, властивості, нові знання про об'єкт. Це може бути її кінцевою метою.

² В роботі для формування найменування або ідентифікатора типу використовуються прописні знаки, а при формуванні найменування або ідентифікатора екземпляра типу – малі.

³ Йдеться про різні тренажерні системи або про динамічні ігри.

- Створення нового об'єкту. Проектування об'єкту подумки або за допомогою будь-яких засобів, передбачає створення проекту. Наприклад, в промисловості або в будівництві послідовно можуть створюватися різні проекти: ескізний, технічний, робочий. Але ці процеси проектування також є і декомпозицією. Створення проекту є декомпозиція гіпотетичної передбачуваної конструкції або системи.

- Перетворення існуючого об'єкту. Перетворення може бути викликано необхідністю ремонту або модернізації об'єкту. Передбачується, що в результаті перетворення об'єкт отримає нові властивості або набуде нових функцій, що є тим самим. Перетворення передбачає розбирання або розчленовування об'єкта, а потім видалення або заміна деяких старих компонент і (або) додавання нових. В цьому процесі є і декомпозиція, і композиція.

Декомпозиція може виконуватися за допомогою технічних засобів повністю або частковим їх використанням. Декомпозиція може враховувати або не враховувати результати попередніх кроків або зміну властивостей об'єкту.

Властивості об'єкту

Виділивши кілька об'єктів з навколишнього середовища, можна розглядати їх як систему. В межах системи кожен об'єкт у відношенні з будь-яким іншим об'єктом проявляє свої властивості. Властивості об'єкта існують незалежно від інших об'єктів. Власне, властивість – це прояв внутрішньої структури об'єкту.

Властивості об'єктів для людини проявляються тоді, коли між об'єктами існують або з'являються будь-які відносини (висота столу = 75 см. Проявилася в порівнянні з іншим столом, з висотою людини, з мірною лінійкою). Ці відносини можуть бути реальними або уявленими людиною, коли він співвідносить і порівнює ці об'єкти в своїй свідомості.

Властивості об'єкта або його частин представляються формулою або кваліфікаційним реченням: «Суб'єкт є предикат». Існують три форми фіксації властивостей і, відповідно три види кваліфікаційних речень.

Перший вид відображає конкретне значення одної властивості конкретного об'єкта⁴. Приклад: Об'єкт – деталь. Властивість об'єкта – вага. Кваліфікаційне речення має вигляд: «1214 – 15 кг». Тут «1214» номер деталі, а «15 кг» – вага деталі. Цей вид кваліфікаційного речення називається елементарною властивістю (ЕлВ).

Другий вид кваліфікаційного речення відображає конкретні значення декількох властивостей одного конкретного об'єкту (або однієї частини). Приклад: Об'єкт – деталь. Властивості об'єкта – вага, матеріал, кількість операцій, сумарна вартість обробки. Кваліфікаційне речення має вигляд: «1214 – 15 кг, сталь 40, 8, 35». Тут «1214» – номер деталі, а «15 кг.» – вага деталі, «сталь 40» – матеріал, «8» – кількість операцій для виготовлення деталі, «35» – кількість нормо-годин для виготовлення деталі. Цей вид кваліфікаційного речення називається агрегованою властивістю (АВ).

Третій вид кваліфікаційного речення обумовлений ситуацією, коли в якості властивості об'єкту розглядається перелік властивостей його компонент. Такий перелік – це і є сукупна властивість (СВ). Наприклад, властивістю або характеристикою підприємства залізобетонних виробів може бути каталог виробів, що виготовляються:

- плита перекриття;
- кільце колодязя;
- сходовий марш;
- сходовий майданчик і т.д.

Характеристикою (тобто, і властивістю) того ж підприємства поряд з інтегральними показниками, вираженими одним числом: квартальний обсяг реалізації або квартальний прибуток, може бути перелік реалізованих виробів із зазначенням обсягів реалізації. Кваліфікаційне речення у такому випадку має вигляд:

Обсяг реалізації продукції в першому кварталі:

- кільце колодязя 70 шт.;
- сходовий марш 250 шт.;
- плита перекриття 230 шт. і т.д.

Тут об'єкт - квартальний обсяг реалі-

⁴ У роботі поняття «властивість» і «характеристика» - синоніми.

зації продукції. Номер об'єкта – перший. Властивість об'єкта – перелік продукції, виготовленої в першому кварталі.

Сукупною властивістю об'єкта може бути просто перелік назв або номерів компонент. Властивість об'єкта може в таких випадках бути приховано в самій назві або в номері компоненти.

Три види властивостей СВ разом з ЕлВ і АВ – складають родові поняття «властивість об'єкта» (ВО), що їх обіймає.

В результаті процедури декомпозиції може бути отримано певна кількість частин (компонент). Якщо для кожної частини визначено числове значення одного і тої ж властивості, наприклад, вага частини, то сукупність усіх цих значень розглядається як властивість одного типу. Типи властивостей іменуються. Для зображення всіх типів ВО, одержуваних

в результаті декомпозиції, використовується деревовидний граф.

Залежність між властивостями

ВО можуть бути залежні один від одного. Для їх опису використовуються імена відповідних властивостей⁵. Залежність між ВО виражається у вигляді: А«В, що означає ВО «А» залежить від ВО «В». Знак « тільки повідомляє про існуючу залежність, але не виражає її характеру. Залежність між ВО ширша ніж функціональна залежність представлена алгебраїчним або іншими виразами, які традиційно використовуються в математиці. В описі залежності в якості знаків порівняння між ВО можуть використовуватися будь-які математичні знаки. Можливі ситуації, коли залежність між ВО можна описати тільки текстом. Залежно від виду ВО можливі наступні види залежностей (таблиця).

Таблиця. Види залежностей між видами ВО

		ПРАВА ЧАСТИНА СПІВВІДНОШЕННЯ		
		ЕлВ	АВ	СВ
ЛІВА ЧАСТИНА СПІВВІДНОШЕННЯ	ЕлВ	1	2	3
	СВ	4	5	-

При реалізації цих відносин права частина містить вид властивості вихідної в розрахунках, а ліва частина - вид властивості результуючої в розрахунках.

1. Залежність ЕлВ « ЕлВ найчастіше буде традиційною функціональною залежністю між функцією і одним аргументом. Але можливі й будь-які інші зв'язки між ВО.

2. Залежність ЕлВ « АВ демонструє залежність між ЕлВ і деякими (або всіма) компонентами АВ.

Залежність, куди входить СВ як компонента, частково відображає ту залежність, яка є між об'єктом і його компонентами. Якщо у формулі залежності СВ розміщено в правій частині, то мається на увазі, що існує алгоритм, відповідно до якого, на підставі властивостей частин можна визначити властивість

цілого. Це є залежність між ЕлВ частини рівня n і ЕлВ всіх частин об'єкта рівня $n + 1$, відображеними в СВ.

1. Залежність ЕлВ « СВ означає залежність між властивостями сукупності компонент або частин і інтегральною величиною, сформованої з цієї сукупності, наприклад: сума, мінімальне або максимальне значення в цій сукупності.

Якщо у формулі залежності СВ розміщено в лівій частині, то мається на увазі, що існує алгоритм, відповідно до якого, на підставі властивості цілого можна визначити властивості елементів. Це можливо операція віднімання, яка виконується відповідно до деякої залежності між цілим і частиною.

2. Залежність СВ « ЕлВ передбачає, що, використовуючи вихідне ЕлВ (частина об'єк-

⁵ Далі по тексту фрази «Залежність між властивостями» і «Залежність між ВО» мають на увазі фразу «Залежність між типами властивостей». Аналогічно фрази «тип властивості» і «властивість» - синоніми.

та рівня n), за допомогою алгоритму можна визначити ЕлВ всіх частин рівня $n + 1$ того ж об'єкта.

3. Залежність СВ « АВ відрізняється від залежності четвертого виду тим, що в алгоритмі розрахунку замість одного вихідного ЕлВ використовується кілька ЕлВ, організованих у вигляді АВ.

Залежності першого і другого видів називаються аналітичними (ЗА). Залежності третього, четвертого і п'ятого видів називаються синтетичними (ЗС). На відміну від функціональної залежності, аналітичні та синтетичні залежності складають родові поняття – залежність загального виду (ЗОВ).

Для того щоб можна було формалізувати залежності між властивостями, нижче вводиться поняття алгоритмічної залежності (АЗ). Обумовлено це тим, що поряд з функціональною залежністю, математично строго описаної і вираженою формулами, можливі залежності, для опису яких може бути використано поряд з формулами і математичними знаками також текстові описи і (або) різні табличні конструкції. При цьому текстовий опис не формалізований і АЗ може бути формально записана тільки за допомогою засобів алгоритмічної мови. Хоча і АЗ не в змозі повністю формалізувати деякі залежності між властивостями.

Механізм декомпозиції

Механізм декомпозиції – це спосіб, за допомогою якого ціле членується на частини. Також це спосіб, за допомогою якого ціле компонується з частин. Визначення механізму декомпозиції (МД) при дослідженні предмета або системи неживої природи, артефакту, матеріалу, середовища проживання або віддаленого середовища (поза межами проживання людини) передбачає, що повинно бути відомо наступне:

1. Як виділити або обмежити в просторі першу досліджувану частину.
2. Як виділити або обмежити в просторі чергову досліджувану частину.
3. Коли необхідно (чи доцільно) завершити виділення частин.

При дослідженні процесів необхідно знати наступне:

1. Коли почати спостереження за першим етапом (частиною) процесу.

2. Коли почати спостереження за черговим етапом (частиною) процесу.

3. За яких умов треба завершити спостереження за черговим етапом (частиною) процесу. Тобто, коли припинити спостереження за процесом або знати умова завершення процесу.

При створенні (виготовленні) артефакту повинно бути відомо наступне:

1. Як зорієнтувати, визначити місце (або час) і встановити (закріпити) першу частину об'єкта або як ініціювати перший етап процесу.

2. Як встановити (закріпити або обробити) подальшу (будь-яку з наступних) частину об'єкта або як ініціювати черговий етап процесу.

3. За яких обставин слід завершити установа або обробку останньої частини об'єкта або завершити процес.

При перетворенні повинно бути відомо наступне:

1. Як замінити першу з перетворюваних частин (елементів). Тобто, виїняти і встановити іншу або виїняти, виправити і встановити виправлену частину.

2. Як замінити чергову з перетворюваних частин.

3. За яких умов можна вважати, що перетворена або замінена остання частина (останній елемент) об'єкта.

Механізм декомпозиції одного рівня (МДР) задається кортежем параметрів (ПК, ЧК, УЗ), де ПК – розмір першого кроку ділення, ЧК – розмір чергового кроку ділення, УЗ – умова завершення декомпозиції. Декомпозиція між рівнями (МДМ) представляється кортежем параметрів (УП, ІН), де УП – умова початку декомпозиції або умова переходу від обробки даної частини до обробки її компонент, а ІН – процедура ініціації МДР компонент.

Залежно від виду декомпозиції ці умови можуть мати різний зміст.

• Дослідження. Перший крок декомпозиції завжди відноситься до об'єкту в цілому (до нульового рівня об'єкта). Якщо мова йде про

об'єкт, то це означає, що має бути відомо УП об'єкта. Зазвичай, такою умовою є те, що за допомогою аналітичних залежностей немає можливості дізнатися необхідні відомості про об'єкт. Умова для наступних рівнів може залишатися тією же, але може мати й інший сенс. Останній крок вважається виконаним, якщо досягається позитивний результат пошуку. ІН запускає (ініціює) МД для компонент, що безпосередньо становлять об'єкт.

- Створення. Перший крок, зазвичай, відноситься до компонування на найнижчих рівнях (рівень n). Перехід на наступний рівень (рівень $n-1$) після того, як зібрана (встановлена) чергова частина даного рівня, отримано кінцевий продукт або необхідний результат. Може бути й інший погляд. Створення або компонування починається з 0-го рівня, але якщо немає 1-го, то необхідно починати компонування з 1-го. Але якщо немає частини і 2-го рівня, то треба починати компонування з 2-го і далі доводиться спускатися до самого нижнього рівня.

- Перетворення. В цьому випадку умови повинні визначати початок розбирання і перетворення. Перехід на наступний рівень (рівень компонент) відбувається, після того як розібрана чергова частина даного рівня. Перехід на наступний (що включає) рівень виконується після того як перетворена черго-

ва частина даного рівня, або отриманий кінцевий продукт або результат, тобто вихідний об'єкт перетворений.

Для всіх видів декомпозиції мають значення ще й інші умови завершення, а саме: обмежені ресурси і декомпозицію продовжити далі неможливо або подальша декомпозиція безперспективна і не буде завершена.

Процедура декомпозиції. Декомпозиція ділення

Одиночний об'єкт. Якщо між парою властивостей, існує залежність і вона відома, то, використовуючи її і значення першої, можна визначити значення другої. Якщо така залежність невідома, то об'єкт розглядається як система або як щось складене і виконується наступне:

1. Об'єкт ділиться на частини.
2. Для кожної частини визначається пара властивостей і існуюча між ними залежність.
3. За конкретним значенням формальних властивостей визначаються змістовні характеристики частин першого рівня декомпозиції.
4. На основі отриманих відомостей про частини синтезується значення змістовної властивості об'єкта.

Цей алгоритм може бути представлений таким чином. Розглядаються два об'єкти (рис.1а).

Рис. 1. Контури синтезу для схем декомпозиції:
а – декомпозиція ділення, б – декомпозиція з включенням.

Вихідний об'єкт (A) володіє відомою властивістю (X) і шуканим (Y). Об'єкт (B), що включається, характеризується двома властивостями (W, V). Належить знайти ланцюжок, в який входять імена всіх цих властивостей.

$$X \Rightarrow W \Rightarrow V \Rightarrow Y \quad (1)$$

Пара імен, з'єднаних подвійною стрілкою – $X \Rightarrow W$ означає, що властивості X і W пов'язані синтетичною залежністю (g_1) і на підставі значення X може бути обчислено значення W. З'єднання $W \Rightarrow V$ означає, що властивості W і V пов'язані аналітичною залежністю (g_2) і на підставі значення W може бути обчислено значення V. З'єднання $V \Rightarrow Y$ означає, що властивості V і Y пов'язані синтетичною залежністю (g_3) і на підставі значення V може бути обчислено значення Y. Якщо такий ланцюжок знайдений, то це означає, що знайдена залежність між властивостями X і Y вихідного об'єкта (g_4). Формула 1, яка показує детально весь ланцюжок обчислень, називається контуром синтезу. Знайдена залежність (g_4) – це алгоритм, складений з компонентів контура синтезу.

Таким чином, виконана процедура декомпозиції. Це є декомпозиція одного рівня. Для цього механізму формування знань несуттєво то, яким чином побудовані схеми декомпозиції (схеми поділу) об'єкта і схеми синтезу значень властивостей (відомостей, даних), також несуттєво, яким чином ведеться пошук залежностей між властивостями. Важливим є те знайдена чи ні за результатами пошуку шукана залежність.

Якщо залежність не знайдена, то для її пошуку виконується декомпозиція глибшого рівня, а також виконуються і всі інші пункти – 2, 3, 4. Більш дрібне (більш глибоке) членування частин об'єкта триватиме до тих пір, поки на черговому рівні не буде знайдена залежність між властивостями і за допомогою цієї залежності не будуть знайдені властивості цих найменших частин. Потім за допомогою цих властивостей будуть знайдені властивості частин, що їх включають (частин попереднього рівня). Процедура синтезу, в процесі руху від властивостей частин, що включаються, до властивостей частин, що включають, буде за-

вершена, коли буде визначено значення шуканої властивості вихідного об'єкта.

У пункті 2 визначення пари властивостей, пов'язаних залежністю може, бути досить складним. Попередньо може бути запропонована гіпотеза про цей зв'язок. Гіпотез може бути і більше ніж одна.

Декомпозиція може бути зупинена, якщо з'ясується безперспективність її продовження. Це означає, що немає способу для подальшого більш глибокого поділу частин або після чергового поділу не знаходяться продуктивні залежності між властивостями отриманих частин, або не існує процедура синтезу властивостей для рівня, що включає. Декомпозиція має цінність, якщо після її завершення, відбувається генерація даних про сам об'єкт: відбувається синтез даних.

Розрізняються часткові схеми декомпозиції (ЧСД) і повні схеми декомпозиції (ПСД). Часткова схема декомпозиції (схема декомпозиції одного рівня) показує як розділити об'єкт (або його частину) на безпосередньо складові його компоненти. Часткова схема декомпозиції повинна визначати як виділяється кожна з компонент. Часткова схема може бути використана для поділу як об'єкта, так і його частини. Повна схема декомпозиції – це результат декомпозиції об'єкта після застосування всіх ЧСД, що знадобилися в процесі ділення. Родове визначення для ЧСД і ПСД – це схема декомпозиції (СД).

Всі частини, отримані в результаті застосування часткової схеми декомпозиції, можуть бути згруповані. Ознаки, відповідно до яких частини включаються в групи, визначає дослідник. Група частин називається типом частини. В ПСД кожна частина приписується до деякого типу. На кожному рівні декомпозиції породжується власний набір типів. Набір включає хоча б один тип. В результаті реальної декомпозиції можливі різні кількості частин, що належать певному типу. Залежно від об'єкта і (або) схеми декомпозиції може бути отримано будь-яку кількість частин одного типу (представників типу), хоча б одна частина, одна частина обов'язково, жодної частини і т. п. В результаті декомпозиції об'єкта може бути отримано довільне число частин, типів

частин і рівнів.

Графічно результат декомпозиції може бути представлений деревом: деревом декомпозиції (ДД). Загальний вигляд довільної схеми декомпозиції показаний на рис. 2. На цьому дереві з кожним вузлом співвідноситься хоча-б один тип частини. Дерево може містити довільну кількість рівнів, вузлів, ребер. Кожен тип частини може

мати довільну кількість ВО і ЗОВ між ВО. ЗОВ співвідносяться тільки з типами частин (з вузлами дерева). Перш за все, дерево відображає ієрархію типів частин об'єкта, але може також відображати типи властивостей, ЗОВ і ЧСД. ПСД показує можливість поділу типів частин за певними частковими схемами, але не відображає детальний порядок розділу частин і обчислення відповідно до ЗОВ.

Рис. 2. Дерево схеми декомпозиції об'єкта загального вигляду. Рівні декомпозиції пронумеровані з нульового по n-й. Перший нижній індекс – номер рівня, другий – номер вузла на рівні.

З точки зору дерева декомпозиції (рис. 2) процедура декомпозиції – це рух від кореневого вузла до листків: зверху вниз. Синтез даних, визначення нових відомостей про об'єкт може бути частково або повністю матеріальним – зважування, визначення кількості бракованих компонент або заміна зламані деталі. Синтез даних – це рух від листка до кореневого вузла, – від низу до верху.

Опис схеми декомпозиції містить дерево повної схеми декомпозиції, де для кожного вузла $K_{i,j}$ повинен бути визначений кортеж опису вузла $P_{i,j} = (T_{i,j}, ZA_{i,j}, ZC_{i,j}, МДМ_{i,j}, МДР_{i,j})$, який включає:

- $T_{i,j}$ – перелік типів властивостей;
- $ZA_{i,j}$ – аналітичні залежності;
- $ZC_{i,j}$ – синтетичні залежності;
- $МДМ_{i,j}$ – механізм декомпозиції для переходу на рівень, розташований нижче;

- $МДР_{i,j}$ – механізм декомпозиції для поточного рівня.

$K_{i,j}$ – ідентифікатор вузла, де індекс показує номер рівня і номер вузла на рівні. Вузол самого об'єкта позначений як K_0 .

Символічний опис схеми декомпозиції має вигляд:

$$ПСД = \{K_0[P_0] (K_{1,1}[P_{1,1}] (...), K_{1,2}[P_{1,2}] (...), ..., K_{1,x}[P_{1,x}] (...))\} \quad (2)$$

Кортежі листків не містять ЧСД і ЗС.

У деяких випадках декомпозиція дозволяє реалізуватися за допомогою більш простого способу синтезу. Може виявитися, що деяка властивість компоненти має місце і для вихідного об'єкта. Тобто, властивість частини як би переноситься на ціле, і немає потреби в обчисленнях. Наприклад, метал з якого виготовлені всі компоненти виробу, після того

як всі вони були досліджені, виявився одним і тим же металом. Тобто, весь виріб виготовлений з одного і того ж металу, що і компоненти. Таке перенесення властивостей є індуктивне судження.

Сукупність як об'єкт. Іноді є необхідність дослідити групу (сукупність, клас, вид, тип) об'єктів (ГО), що мають схожість в одному або в деяких аспектах. Цю групу об'єктів теж можна розглядати як самостійний об'єкт і піддавати її декомпозиції.

Якщо між парою властивостей ГО, існує залежність і вона відома, то, використовуючи її і значення першої властивості, можна визначити значення другої. Якщо залежності немає, то далі виконуються наступні кроки – виконується декомпозиція ГО.

1. Об'єкти всередині ГО класифікуються відповідно деякої ознаки або атрибута об'єктів ГО. Таким чином ГО розбивається на більш дрібні групи – групи першого рівня. Спосіб класифікації теж може бути гіпотезою і об'єктом самостійного дослідження.

2. Послідовно для кожної з груп першого рівня проводиться пошук пари властивостей і існуюча між ними залежність.

3. За конкретним значенням відомих властивостей визначаються значення шуканих властивості груп першого рівня декомпозиції.

4. На основі отриманих відомостей про групи першого рівня синтезуються значення шуканих властивості вихідної ГО.

Якщо залежність не знайдена, то виконується класифікація і декомпозиція щодо груп першого рівня, інакше, якщо знайдена, то дослідження повертаються до пунктів 3 і 4.

Якщо залежність не знайдена, то для її пошуку виконується декомпозиція груп більш глибокого рівня, а також для всіх цих груп виконуються і всі інші пункти – 2, 3, 4. Більш дрібне (більш глибоке) членування ГО триватиме до того, поки на черговому рівні не буде знайдена залежність між властивостями і за допомогою цієї залежності не будуть знайдені властивості цих найменших груп. Потім за допомогою цих властивостей будуть знайдені властивості груп, що їх складають. Процедура синтезу, в процесі руху від властивостей ча-

стин, що включаються до властивостей частин, що їх включають, буде завершена, коли буде визначене значення шуканої властивості вихідного ГО.

Як і у випадку з одиночним об'єктом в деяких випадках декомпозиція сукупності дозволяє виконати більш простий спосіб синтезу властивостей. Може виявитися, що деяка властивість компонент – груп першого або більш великих номерів – має місце і для вихідного ГО. Тобто, властивості компонент ГО як частин переносяться на ціле і немає потреби в будь-яких обчисленнях.

Декомпозиція може виконуватися для об'єктів, відносно яких не сформульована задача знайти значення якоїсь конкретної шуканої властивості. Перед очима дослідника знаходиться зовсім незнайомий предмет, організм або процес, про який належить дізнатися відносно його походження або призначення. У цьому випадку завдання декомпозиції в тому, щоб знайти будь які властивості об'єкта з числа тих, що раніше були закриті доступним засобом спостереження. Така декомпозиція теж має місце в інструментарії дослідників.

Декомпозиція процесу. Вельми важким є аналіз і дослідження процесів у поняттях і у термінах декомпозиції. Це обумовлено специфікою досліджуваних людиною процесів і (або) їх складністю.

Перед початком декомпозиції може бути невідома реальна тривалість процесу. Процес може бути розділеним на частини (підпроцеси) незалежно від дій дослідника і між підпроцесами можуть бути інтервали невідомої довжини. Схема декомпозиції може бути задана:

- Скінченням набором інтервалів довільної довжини (хоча їх число в наборі може бути і невідомо).

- Довжиною інтервалу. Кількість інтервалів може бути не пов'язана з довжиною інтервалу.

- Довжиною інтервалу, яка обчислюється (за формулою) в процесі декомпозиції.

- Довжиною інтервалу, яка надходить із зовні досліджуваного процесу в режимі реального часу.

Ці фактори мають відношення до формального боку процесу, але складність може

породжуватися і змістовним аспектом процесу: багатofакторністю і (або) багатofункціональністю процесу.

Процедура декомпозиції. Декомпозиція з включенням

Одиночний об'єкт. Можливий і інший шлях дослідження об'єкта – включення об'єкта в систему⁶, декомпонованню раніше. Завдання залишається таким же як і при декомпозиції об'єкта діленням. Якщо між парою властивостей існує залежність і вона відома, то, використовуючи її і значення першої властивості, можна визначити значення другої. Якщо між парою властивостей об'єкта не існує залежності або вона невідома, то об'єкт розглядається як компонент чогось складового і виконується наступне:

1. Проводиться пошук об'єкта, компонентом якого є досліджуваний об'єкт. Номер рівня вихідного об'єкта – нульовий. Номер рівня об'єкта, безпосередньо включає вихідний – «-1» (мінус один).

2. Пропонується гіпотеза про зв'язок між властивостями вихідного і об'єкта, що його включає.

Суть цього зв'язку в наступному. Розглядаються два об'єкти (рис.1б). Вихідний об'єкт (В) має відому властивість (Р) і шукає (R). Об'єкт (А), що його включає, володіє двома властивостями (S, Q). Належить знайти ланцюжок, в який входять назви всіх цих властивостей.

$$P \Rightarrow Q \Rightarrow S \Rightarrow R \quad (3)$$

Конструкція, в якій пара назв, з'єднаних подвійною стрілкою – $P \Rightarrow Q$ означає, що властивості Р і Q пов'язані синтетичною залежністю (f_1) і на підставі значення Р може бути обчислено значення Q. З'єднання $Q \Rightarrow S$ означає, що властивості Q і S пов'язані аналітичною залежністю (f_2) і на підставі значення Q може бути обчислено значення S. З'єднання $S \Rightarrow R$ означає, що властивості S і R пов'язані синтетичною залежністю (f_3) і на підставі значення S може бути обчислено значення R. Якщо такий ланцюжок знайдений, то це означає, що знайдена залежність (F_4) між властивостями (P, R) вихідного об'єкта. З'єднання 3

(f_4) – це алгоритм, складений з компонентів контура синтезу.

3. Якщо ланцюжок не знайдений і гіпотеза про зв'язок вихідного об'єкта і об'єкта, що включає, не підтвердилася, то виконується або пошук іншого об'єкта, що включає, або включення більш високого рівня. Включення більш високого рівня передбачає пошук об'єкта, що включає, не для вихідного об'єкта, а для попереднього (номер рівня такого об'єкта – «-2» (мінус два)). І якщо на більш високому рівні буде знайдено якась ЗОВ між властивостями об'єкта 2 і властивостями об'єкта 1, і далі між властивостями вихідного об'єкта (рівень нуль), то процедура декомпозиції з включенням завершена.

Гіпотетично процедура з включенням може тривати довше і продовжуватися на більш високих рівнях – «-3», «-4» і далі, якщо не буде прийнято рішення про безперспективність дослідження властивостей вихідного об'єкта подібним підходом.

У деяких випадках декомпозиція з включенням дозволяє більш простий спосіб синтезу властивостей. Може виявитися, що деяка властивість об'єкта, що включає має місце і для вихідного об'єкта. Тобто, властивість об'єкта що включає як би переноситься на вихідний об'єкт і немає потреби в обчисленнях. Таке перенесення властивостей є дедуктивне судження.

Сукупність. За аналогією з тим, як в процесі дослідження ГО може бути розділена, так ГО може бути об'єктом включення в групу яка її охоплює. І в цьому випадку вихідна ГО теж розглядається як один об'єкт.

Завдання залишається тим же що і при декомпозиції одиночного об'єкту включенням. Якщо між парою властивостей ГО, існує залежність і вона відома, то, використовуючи її і значення першої властивості, можна визначити значення другої. Якщо між парою властивостей ГО не існує залежності або вона невідома, то ГО розглядається як компонента чогось складового і виконується наступне:

1. Проводиться пошук об'єкта або групи об'єктів (ГО), компонентом якого є досліджувана ГО. Номер рівня вихідної ГО – нульовий.

⁶ Далі по тексту ця процедура буде називатися декомпозицією з включенням.

Номер рівня ГО, безпосередньо включає вихідний – «-1».

2. Далі виконується пошук формули подібної формулі (3), яка зв'язала б властивості вихідного ГО і ГО що його включає, а також дозволила б знайти властивість вихідної ГО. Якщо подібний ланцюжок знайдений, то це означає, що знайдена залежність між властивостями вихідної ГО.

3. Якщо ланцюжок не знайдений, то виконується або пошук іншого ГО, що включає, або включення більш високого рівня. Включення більш високого рівня передбачає пошук ГО, що включає не для вихідної ГО, а для попередньої сукупності, що включає (номер рівня такої ГО – «-2»). І якщо на більш високому рівні буде знайдена якась ЗОВ між властивостями ГО другого рівня і властивостями ГО першого рівня, і далі між властивостями вихідної (нульового рівня), то процедура декомпозиції з включенням завершена.

Як і у випадку з одиночним об'єктом так і у випадку з ГО в деяких випадках декомпозиція з включенням дозволяє більш простий спосіб синтезу властивостей. Може виявитися, що деяка властивість груп – мінус першого або більших негативних номерів – має місце і для вихідного ГО. Тобто, властивості ГО, що включає, переносяться на вихідний ГО і немає потреби в обчисленнях⁷.

Декомпозиція з включенням по аналогії з декомпозицією ділення може виконуватися для об'єктів, щодо яких не сформульована задача знайти значення якоїсь шуканої властивості. Перед очима дослідника знаходиться зовсім незнайомий предмет, організм або процес, про який належить дізнатися його походження або призначення. У цьому випадку завдання декомпозиції в тому, щоб знайти хоч якісь властивості об'єкта невідомі раніше.

Реальна і уявна декомпозиція

Явище уявної декомпозиції. Різниця декомпозиція, яка виконується в часі і просторі і декомпозиція, яка виконується без впливу на реальні об'єкти. Другий вид відбувається уявною або гіпотетичною. Реальна декомпозиція

(ділення) реалізується в двох основних процедурах: власне, членування об'єкта на частини і визначення властивостей виділених частин, а друга - це синтез властивостей. Ці дві процедури можуть поєднуватися одна з однією в різних варіантах. Якщо реальна декомпозиція виконується над реальними об'єктами, то гіпотетична виконується над образами об'єктів.

Причини виконання гіпотетичної декомпозиції різні. Вони або реально існують в навколишньої дійсності, або це бажання людини, або це звичний стан мислячої особистості. Реальні причини можуть бути різними.

- Реальна декомпозиція в просторі занадто трудомістка. Наприклад, прокладанню залізниці передують проектування її в кресленнях.

- Відсутні необхідні інструменти для проведення реальної декомпозиції. Наприклад, астрономічні дослідження проводяться на Землі в лабораторії на підставі випромінювань різних видів, що входять в атмосферу. Космічні дослідження за допомогою літальних апаратів занадто дорогі.

- Без попередньої підготовки (уявної декомпозиції) реальна декомпозиція може спричинити небезпечні наслідки для життя людини. Наприклад, хірургічна операція на тілі людини.

Взаємодія реальної і гіпотетичної декомпозиції. Можуть бути різні варіанти взаємодії процесів реальної і гіпотетичної декомпозиції:

Гіпотетична декомпозиція в часі може виконуватися перед початком реальної, так як це відбувається у проектуванні виробів промисловості або у плануванні виробничих процесів.

- Реальну декомпозицію неможливо виконати тому що реальний об'єкт перестав існувати і після цього виконується гіпотетична декомпозиція. Наприклад, розслідування причин аварії літака з використанням бортового самописця (приладу фіксації параметрів польоту). Об'єктом декомпозиції є процес польоту. Процес, який підлягає аналізу, може по-

⁷ Це є той самий «загальновідомий» дедуктивний метод Шерлока Холмса. Але, слід зауважити, що в даному випадку іронія не зовсім доречна, тому що цей підхід дійсно поширений і в криміналістиці, і в біології, і в психології, і в багатьох інших сферах діяльності людини.

чинатися задовго до зльоту, але уявна декомпозиція або аналіз може бути розпочато під час польоту незадовго до аварії.

- Реальна декомпозиція може чергуватися або виконуватися одночасно з гіпотетичною. Обидва види декомпозиції можуть взаємодіяти, передаючи один одному відомості. Наприклад, проведення розслідування злочину. Гіпотеза або версія злочину формується спочатку в свідомості слідчого. Частково вона може викладатися на папері: у схемах або на картах. Але одночасно може проводиться кримінологічне дослідження місця злочину або доказів. Одночасно може проводиться опитування свідків, допит підозрюваних або очні ставки. Ці дії є реальною декомпозицією процесу затримання злочинця. Нові відомості можуть ініціювати зміну версії. Нова версія може направити розслідування в іншому напрямку, тобто, змінити реальну декомпозицію: дослідження нових доказів або нові місця, які мають відношення до злочину.

Є види діяльності в яких поперемінне виконання реальної і уявної декомпозиції є природним. Це управління обладнанням в режимі

реального часу: робота прокатного обладнання, процес виплавки сталі, процес нафтохімічної переробки.

Може виявитися, що деякі кроки як гіпотетичної, так і реальної декомпозиції виконані марно. Очікуваний результат не може бути отриманий. Результат уявної декомпозиції виявився не відповідним реальному стану об'єкта. Наприклад, попередня розвідка родовища корисних викопних (рис. 3). В даному прикладі виконувалася спочатку уявна декомпозиція перед початком розвідки. Можливі напрямки 1 - 5 були визначені в процесі наукових досліджень. Напрями 3 і 4 остаточно були виконані перед початком польових робіт. Ділянка 4 виявилася неперспективною. На ділянці 3 були уточнені напрямки пошуку 3.1, 3.2 і 3.3. на ділянці 3.2 були визначені обсяги викопних, достатні для промислового видобутку.

Деякі види виробництва є безперервні і протікаючі в них процеси зупиняються тільки для ремонту або для профілактики обладнання. У таких виробництвах чергування реальної і уявної декомпозиції переривається лише при таких зупинках.

Рис.3. Приклад схеми декомпозиції процесу попередньої розвідки родовища корисних копалин. Тут такі позначення:

- а) тупик – відсутність можливості промислового видобутку викопних,
- б) успіх – є можливість промислового видобутку викопних,
- в) суцільна стрілка – крок реальної декомпозиції,
- г) пунктирна стрілка – крок уявної декомпозиції

Гіпотетична декомпозиція і моделювання. Уявна або гіпотетична декомпозиція може виконуватися в свідомості людини або на моделі. Найбільш істотний вид моделювання – це моделювання з використанням комп'ютера. При виконанні декомпозиції можливі різні види взаємодії людини і комп'ютера. Процес гіпотетичної декомпозиції, що виконується в комп'ютері, може дублюватися. Реальний процес може бути керований кількома процесорами одночасно і т. п.

Процедура гіпотетичної декомпозиції може бути формалізована або неформалізована. Для того, щоб моделювати процес декомпозиції в комп'ютері, його треба формалізувати до такого стану, щоб він був придатний для машинної чи цифрової обробки. Гіпотетична декомпозиція передбачає роботу з образами об'єктів.

Важливість дослідження гіпотетичної декомпозиції обумовлена інтенсивним впровадженням інформаційних технологій. Розробка програми або програмної системи – це є декомпозиція процесу, який буде здійснюватися комп'ютером під керуванням цієї програми або системи. Тобто, програма для комп'ютера – це не просто набір інструкцій, – це опис СД, – це образ процесу. Програма ЕОМ через її деталізацію важко доступна для огляду і важко керована. Є гостра потреба в стислому описі самої програми⁸. Тобто, об'єктом декомпозиції і дослідження стає результат інший гіпотетичної декомпозиції. Іншими словами, відбувається робота з образом образу і ступінь або глибина подібної суперпозиції не має меж.

Виробництво артефакту

Як було вище сказано, синтез властивостей об'єкта – це другий завершальний етап декомпозиції. Цей етап може бути уявним, але може бути і матеріальним. Об'єктом цього матеріального етапу може бути разове виготовлення виробу або предмета мистецтва, виробництво продукту, виконання послуги, активізація і управління певним процесом. У загальному випадку виготовлення будь-якого артефакту – це є другий етап декомпозиції.

Будь-який процес, який ініціює та підтримує в активному стані людина, теж є другим етапом декомпозиції. У практиці, у повсякденному житті можливі ситуації, коли в процесі досліду або експерименту виходить якийсь продукт або предмет, який не планувався. Тобто, не було першого етапу декомпозиції, а був тільки другий. Це могла бути ситуація, коли проводилося або оброблялося щось одне, виходило інше – несподіване, як наприклад, сталося з відкриттям тефлону або з ідеєю використання дії СВЧ-випромінювання в кухонному обладнанні. Зазвичай же подальшого виготовлення або виробництва будь-яких виробів, виконання будь-яких послуг, як правило, передують перший етап: уявна декомпозиція.

Все, що перераховано вище як об'єкт другого етапу, може проводитися як при виконанні декомпозиції поділу, так і при декомпозиції з включенням. Наприклад, виготовлення будь-якого виробу машинобудування – це результат декомпозиції ділення, а будівництво житлових або промислових комплексів на початку – це результат декомпозиції з включенням. Хоча в останньому випадку може виявитися важким розділити процеси декомпозиції ділення і декомпозиції з включенням.

Різноманіття механізмів декомпозиції

МД визначається безліччю факторів. Ці фактори можна розбити на групи.

1 група. Вид об'єкту, що підлягає декомпозиції, а саме:

- Дослідження в живій природі. МД передбачає знімання і запис параметрів таким чином, щоб не порушувалися життєві процеси. Безконтактне (візуальне чи за допомогою застосування приладів) спостереження або контактний вимір. Спостереження в природних або обмежено природних умовах. Спостереження за зміною середовища проживання. Можливе розчленування мертвого організму. Можливе операційне втручання в живий організм за умови, що життєві функції організму будуть відновлені в прийнятні терміни.

⁸ Рішенням для цієї ситуації могла би бути мова або система програмування з операторами або іншими зображувальними засобами, значно переважаючими оператори в існуючих мовах в плані понятійної ємності. Але зараз в практиці програмування їх немає.

- Дослідження в неживій природі. МД передбачає безконтактне та контактне спостереження або поділ предмета. У цьому випадку, як і в попередньому, дослідження можуть вестися в часі. Тому механізм передбачає певний регламент спостережень.

- Створення артефакту. МД передбачає знання того, як встановлюється (збирається) вузол машини, в якій кількості змішуються компоненти деякого продукту, порядок установки блоків будівлі при будівництві, порядок зйомки епізодів фільму, порядок компонування звіту або написання книги. При створенні процесів механізм передбачає знання регламенту певних операцій.

2 група. Орієнтація в просторі. МД предметів або організмів передбачає знання того, як зорієнтовані в просторі частини об'єкта. Необхідно знати, де знаходиться перша частина і в якому напрямку повинен бути рух до наступної частини.

3 група. Орієнтація в часі. Якщо виконується декомпозиція процесу або спостереження ведеться протягом часу, то необхідно знати початок виконання першого кроку ДМ – час для початку спостереження, регламент наступних кроків і час завершення останнього кроку спостереження.

4 група. Масштаб декомпозиції. Іноді для визначення МД необхідно мати інформацію про масштаби декомпозиції, а саме:

- кількість тестів;
- розміри досліджуваної ділянки;
- географічно відома ділянка поверхні, де проводяться дослідження;
- географічно відомий район моря, де відбувається пошук потерпілих;
- обсяг випуску продукції;
- обсяг партії продажу;
- час спостереження за процесом.

5 група. Розмір порції декомпозиції. Технологія, організація виробництва, процедура дослідження визначають розмір порції декомпозиції. Відповідно, розмір порції визначає і МД. При відкритому видобутку вугілля має значення розмір ковша екскаватора і вантажопідйомність автомобіля, який пере-

возить вугілля, а саме: чим більше те й інше, тим краще. Певну складність представляє обчислення розміру частини в безперервних технологічних процесах, а саме: хімічних; нафтохімічних; безперервного розливання сталі, скла; безперервного випалювання керамічних, фаянсових або фарфорових виробів; безперервного випалу цегли.

6 група. Функція членування об'єкта. Йдеться про функції, відповідно, з якою виділяється чергова частина об'єкта. Той порядок, відповідно, з яким виділяється першою або наступною частини, може бути заданий функцією, як наприклад: дослідження геологічної будови земної кори проводиться за допомогою вибухів. Відстань між шурфами, епіцентри вибуху, глибина закладки вибухівки та сила вибуху можуть визначатися функцією. При визначенні насичення вологою хмар, відстань між точками тестування визначається функціонально.

Функція може бути задана сукупністю умов, аналітичним виразом, таблицею. Всі перераховані види залежностей можуть бути синтезовані і реалізовані у вигляді алгоритму. МД для випадку коли включаюча частина має компоненту тільки одного типу: $MD_i = \{ПШ_1, ТШ_k, УЗ\}$, де i номер вузла K_i , при обході дерева зверху вниз зліва направо. МД для випадку коли включаюча частина має компоненти більш ніж одного типу: $MD_i = \{ПШ_1, ТШ_k, УЗ\}_1, ..., \{ПШ_1, ТШ_k, УЗ\}_m$, де m номер типу включається компоненти. Частота виконання кроків декомпозиції теж може бути задана функціонально. В процесі виконання декомпозиції функціональна залежність може бути оперативно змінена. Для МД може існувати залежність від результатів виконання попереднього кроку декомпозиції, як наприклад: при обчисленні меж⁹ або часткових сум¹⁰. У процесі декомпозиції може змінюватися вміст таблиці, що задає МД. Напрямок руху по таблиці теж задається МД. Можливо оперативне втручання людини в процедуру декомпозиції. Так званий ручний механізм декомпозиції, наприклад: введення тесту з клавіатури. Функцією може бути заданий перехід на ниж-

⁹ Математичне поняття.

¹⁰ Математичне поняття.

ній або верхній рівень декомпозиції.

7 група. Рівень декомпозиції. МД визначається рівнем декомпозиції, наприклад, збирання зернових культур в дощову погоду:

- 1 рівень. Визначення підсохлих ділянок. Це виконується людиною.
- 2 рівень. Підсохла ділянка прибирається смугами рівними ширині захвату жатки зерно-прибирального комбайна.
- 3 рівень. У смузі прибирання йде порцями, які визначаються швидкістю руху комбайна і швидкістю руху ріжучої частини.
- 4 рівень. Вибивання зерна з колоса.

На кожному з рівнів МД індивідуальний. Він визначається оброблюваним матеріалом і технологією обробки.

8 група. Вид технології. Вид або рівень модерності технології обробки або випробувань, наприклад, механізм зборки дерев'яних конструкцій залежить від технології кріплення: цвях, дерев'яний чіп, клей. З технологією пов'язана точність виконання декомпозиції.

9 група. Тип частини. Якщо об'єкт складається з частин різних типів, то механізм може відрізнитися і в залежності від частини об'єкта. Наприклад, продаж штучного і вагового товару або обслуговування міжміських і внутрішньоміських телефонних розмов до поширення мобільного зв'язку.

10 група. Характер декомпозиції: уявна чи реальна. Є природнім, що механізм уявної декомпозиції відрізняється від механізму реальної. Уявна декомпозиція виконується з образами об'єкта і її механізм – це образ реальної декомпозиції.

Операції над СД

В даний час промисловість, побут і інші області життєдіяльності людини насичуються багатофункціональним обладнанням. А в деяких сферах діяльності, як наприклад, в космічних дослідженнях, в дослідженнях на нанорівні потрібне обладнання, яке контролює багато факторів. Невід'ємною частиною такого багатфакторного і (або) багатофункціонального обладнання є програмне забезпечення. Програмне забезпечення складне саме по собі і його розробка доступна далеко не всім. Але найбільш складним в розробці програмної системи є поєднання фрагментів

коду, який реалізує безліч функцій системи. Чим більше функцій, які треба реалізувати, чим більше факторів, які слід враховувати при експлуатації системи, тим складніше процес компонування остаточного тексту програми і програмної системи, тим складніше налагодження і тестування. Один з позитивних наслідків, який може бути отриманий в результаті рішення задач цієї роботи – це створення передумов для автоматизації синтезу структури проєктованих складних систем. Мова йде не тільки про проєктування програмного забезпечення, але і про проєктування будь-якого складного продукту або процесу.

Навіть той рівень формалізації процедур декомпозиції, що описаний вище, дозволяє описати операції над СД і, зокрема, операції синтезу СД. Існує три операції над СД: доповнення, усічення, зчеплення, і три види синтезу СД [Декомпозиція]: синтез як доповнення АЗ, синтез як поєднання СД і синтез СД ділення і СД включення [Колесник 2017].

1. Доповнення. Ця операція означає, що в процесі дослідження об'єкта є необхідність зробити більш глибоку декомпозицію. До існуючих компонентів об'єкта застосовується більш глибока декомпозиція. З точки зору ДД, це означає, що з'явилася ще одна гілка – дерево доповнено ще однією гілкою. Хоча ДД вихідної схеми може бути доповнено СД, в якій може бути більш ніж один рівень і навіть більше ніж два рівні.

2. Усічення. Ця операція означає, що в процесі дослідження об'єкта відпала потреба в зробленій раніше декомпозиції якогось рівня і треба повернутися до аналізу декомпонованої частини. ДД стало коротше на одну або навіть більше гілок.

3. Зчеплення. Ця операція означає, що в процесі дослідження об'єкта необхідно виконати додаткову декомпозицію і розрахунок (один або більше). З точки зору ДД – це означає, що на якомусь з вузлів додається додаткова гілка.

4. Синтез як додавання як ЗА, так і ЗС. Ця операція означає, що до об'єкту необхідно застосувати ще одну СД з МД, який був застосований раніше, і виконати розрахунок відповідно до додаткової ЗОВ. В результаті

синтезу збільшується кількість обчислень, що визначаються ЗА і ЗС. ДД вихідної СД в цьому випадку не змінюється.

5. Синтез як поєднання СД. Ця операція означає, що до об'єкту необхідно застосувати більш однієї СД з різними МД. МД розрізняються тим, що ділять об'єкт на частини, розміри яких не збігаються. Тобто, для кожної СД заданий унікальний розмір відокремлюваної частини. Хоча розміри частин можуть відрізнятися і для однієї схеми. Результатом синтезу є ЧСД з іншим, більш складним МД.

6. Синтез СД ділення і СД з включенням. Через те, що будь-який з цих процесів може бути представлений СД і, відповідно, деревом, то кінцевий процес є результатом синтезу СД і, відповідно, синтезу дерев. Але більш важливим є те, що СД, які є результатами синтезу, вже є досить складними багаторівневими деревами¹¹.

Крім можливості проводити операції над СД, можна зробити більш продуктивним процес дослідження. Формалізовані СД з відповідною термінологією дозволяють бачити об'єкт як результат операцій над СД і як результат синтезу СД. Більш того, успішне проникнення в суть об'єкта або явища – це результат синтезу продуктивних СД. Аналогічно, успішно діючий вироблений людиною складний об'єкт – це теж результат синтезу продуктивних простіших СД. І в минулому, і в теперішньому часі можна побачити більш ніж достатньо успішних проектів, здійснених людьми і які можна розглядати як синтез СД, але вони здійснювалися як разові проекти, – несистем-

но, що не є методичною процедурою. А мова йде про послідовне і планомірне використання синтезу СД в проектуванні і виготовленні складних виробів або здійсненні складних проектів.

Висновок

У роботі описана схема декомпозиції і її атрибути: властивість об'єкта; різні види залежностей, що можуть пов'язувати властивості об'єкта; механізм декомпозиції; графічне зображення схеми декомпозиції. Описані два види схем декомпозиції – такі як декомпозиція ділення і декомпозиція з включенням. Показано різноманіття схем декомпозиції і різноманіття механізмів декомпозиції. Зроблено спробу описати схему декомпозиції формально. Формальний апарат дозволяє описувати як процес декомпозиції, так і процес синтезу властивостей об'єкта. Запропонований рівень формалізації дозволяє виконувати операції над схемами декомпозиції з точністю порівнянню з математичною точністю. Описано явище синтезу схем, що є передумовою боротьби зі складністю високотехнологічних продуктів і процесів.

Формальний опис схем декомпозиції є необхідною умовою для міждисциплінарного наукового спілкування і синтезу розрізненого наукового знання. Також формальний опис процедури декомпозиції може бути включений в програми підготовки дослідників незалежно від напрямку досліджень, а також в програми підготовки проектувальників і інженерів незалежно від галузі промисловості.

Бібліографічні посилання

- Декомпозиція. *Вікіпедія*. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%86%D0%B8%D1%8F>
- Колесник, В.Г. (2012). DS-теория как прототип теории прикладных алгоритмов. *Проблеми програмування*, 1, 17-33.
- Колесник, В.Г. (2017). DS-теория. Научные аспекты и перспективы развития. *Проблеми програмування*, 1, 3-20.
- Марка, Д., Макгоуэн, К. (1993). *Методология структурного анализа и проектирования (SADT)*. Пер. с англ., МетаТехнология, М.
- Методология процесса моделирования*. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://idef.ru/idef.php>

¹¹ Алгоритми програм для комп'ютера, які будуються традиційними ручними методами для реалізації груп функцій, і які могли б бути виконані синтезом СД, часом практично не піддаються осмисленню і контролю.

Процедура декомпозиції. Алгоритм декомпозиції. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://pidruchniki.com/91300/ekologiya/protsedura_dekompozitsiyi_algoritm_dekompozitsiyi

References

- Decomposition procedure. Decomposition Algorithm]. Retrived August 27, 2020 from https://pidruchniki.com/91300/ekologiya/protsedura_dekompozitsiyi_algoritm_dekompozitsiyi (in Ukrainian)
- Dekompoziczi`ya [Decomposition]. *Wikipedia*. Retrived August 10, 2020 from <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%86%D0%B8%D1%8F> (in Ukrainian)
- Kolesnyk, V.G. (2012). DS-teoriya kak prototip teorii prikladny`kh algoritmov [DS-theory as a prototype of the theory of applied algorithms]. *Problems in programming*, 1, 17-33. (in Russian)
- Kolesnyk, V.G. (2017). DS-teoriya. Nauchny`e aspekty` i perspektivy` razvitiya [DS-theory. Scientific aspects and prospects for development]. *Problems in programming*, 1, 3-20. (in Russian)
- Marca, David A. & MacGovan, Clement I. (1993). *Metodologiya strukturnogo analiza i proektirovaniya (SADT)* [Structured analyses and design technique. MetaTechnology. SADT]. M. (in Russian).
- Metodologiya proczessa modelirovaniya*. [Methodology of the modeling process]. Retrived August 29, 2020 from <http://idef.ru/idef.php> (in Russian)