

Міністерство освіти і науки України

Н. Б. Шаховська, В. В. Литвин

ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

СЕРІЯ «КОМП'ЮТИНГ»

За науковою редакцією д.т.н., професора В.В. Пасічника

Стереотипне видання

Видавництво ПП «Магнолія 2006»

Львів

УДК 681.518 (075)
Л 64

*Відтворення цієї книги
або будь-якої її частини заборонено
без письмової згоди видавництва.
Будь-які спроби порушення авторських прав
переслідуватимуться у судовому порядку.*

Рецензенти:

Г.Г. Цегелик – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри математичного моделювання соціально-економічних процесів Львівського Національного університету імені І.Я.Франка;

Я.М. Матвійчук – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних систем та технологій інституту підприємництва та перспективних технологій при Національному університеті „Львівська політехніка”;

М.О. Медиковський – доктор технічних наук, професор кафедри автоматизованих систем управління Національного університету „Львівська політехніка”.

Л 64 Н. Б. Шаховська, В. В. Литвин

Проектування інформаційних систем: навчальний посібник.

Стереотипне видання – Львів: Видавництво ПП “Магнолія 2006” - 379 с.

ISBN 978-966-2025-97-2

“Магнолія 2006”

У навчальному посібнику розглядаються структурний і об’єктно-орієнтований підходи до логічного та фізичного проектування інформаційних систем. Детально описуються види діаграм, які реалізують ці підходи та мова уніфікованого моделювання UML. Розглядаються CASE-засоби, які призначені для побудови відповідних діаграм, поняття життєвого циклу проекту; аналізуються методи визначення цілей проекту і вибирання альтернатив реалізації проекту.

Навчальний посібник призначений для студентів, що навчаються за напрямками підготовки “Комп’ютерні науки” і „Системний аналіз”, для магістрів спеціальностей, які базуються на цих напрямках підготовки, а також для магістрів спеціальності «Консолідована інформація».

УДК 681.518 (075)
Л 64

ISBN 978-966-2025-97-2

© Н. Б. Шаховська, В. В. Литвин
© “Магнолія-2006”

ЗМІСТ

Вступне слово авторів.....	12
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	13
РОЗДІЛ 1. Складність розроблення інформаційних систем.....	14
1.1. Складність програмного забезпечення.....	15
1.2. Структура складних систем.....	18
1.3. Методи подолання складності.....	24
1.4. Про проектування складних систем.....	30
Висновки.....	33
Контрольні запитання.....	33
РОЗДІЛ 2. Інформаційні системи та їх характеристики.....	34
2.1. Базові означення.....	34
2.2. Методи проектування інформаційних систем.....	37
2.3. Види інформаційних систем.....	39
2.4. Рівні моделей даних.....	42
Висновки.....	48
Контрольні запитання.....	49
РОЗДІЛ 3. Структурний підхід.....	50
3.1. Принципи структурного підходу до проектування.....	50
3.2. Структурний аналіз.....	51
3.3. Структурне проектування.....	52
3.4. Методологія структурного аналізу.....	54
3.5. Інструментальні засоби структурного аналізу та проектування.....	56
Висновки.....	56
Контрольні запитання.....	57
РОЗДІЛ 4. Методологія функціонального моделювання IDEF0.....	58
4.1. Основні елементи.....	58
4.2. Типи зв'язків.....	60
4.3. Техніка побудови.....	61
4.4. Діаграма бізнес – функцій.....	63
4.4.1. Призначення діаграми бізнес-функцій.....	63
4.4.2. Основні елементи.....	63
Висновки.....	63
Контрольні запитання.....	64
РОЗДІЛ 5. Діаграми потоків даних.....	65
5.1. Призначення діаграм потоків даних та основні елементи.....	65
5.1.1. Зовнішні сутності.....	66
5.1.2. Процеси.....	66

5.1.3. Накопичувачі даних.....	67
5.1.4. Потоки даних.....	68
5.2. Методологія побудови DFD.....	68
Висновки.....	70
РОЗДІЛ 6. Діаграми "сутність-зв'язок", атрибутів, категоризації...	71
6.1. Діаграма «сутність-зв'язок».....	71
6.2. Діаграма атрибутів.....	73
6.3. Діаграма категоризації.....	74
6.4. Обмеження діаграм сутність-зв'язок.....	75
6.5. Методологія IDEF1.....	77
Висновки.....	80
Контрольні запитання.....	80
РОЗДІЛ 7. Діаграми переходів станів.....	81
7.1. Основні елементи.....	81
7.2. Типи керівних потоків.....	82
7.3. Принципи побудови.....	83
Висновки.....	85
Контрольні запитання.....	85
РОЗДІЛ 8. Структурне проектування на етапі проектування програмного забезпечення.....	87
8.1. Структурні карти Константайна.....	87
8.2. Структурні карти Джексона.....	88
Висновки.....	91
Контрольні запитання.....	91
РОЗДІЛ 9. Засоби створення діаграм.....	92
9.1. Призначення CASE-технологій.....	92
9.2. Інструментальний засіб BPwin.....	93
9.2.1. IDEF0.....	94
9.2.2. DFD.....	97
9.2.3. IDEF3.....	98
9.2.4. Інші діаграми BPWin.....	99
9.2.5. Моделі AS IS і TO BE.....	102
9.3. ERwin.....	103
9.3.1. Основні властивості.....	103
9.3.2. Стандарт IDEF1X.....	106
9.4. Програмний засіб Visio.....	111
Висновки.....	115
Контрольні запитання.....	115
РОЗДІЛ 10. Приклади моделей структурного проектування.....	116
10.1. Системний аналіз області наукових досліджень.....	116
10.1.1. Аналіз предметної області.....	116

10.1.2. ER-діаграми системи аналізу наукових досліджень.....	119
10.1.3. DF-діаграми системи аналізу наукових досліджень.....	121
10.2. Системний аналіз біржі праці.....	123
10.2.1. Дерево цілей.....	123
10.2.2. Опис об'єктів предметної області.....	124
10.2.3. Концептуальна модель.....	127
РОЗДІЛ 11. Об'єктна модель.....	132
11.1. Еволюція об'єктної моделі.....	132
11.1.1. Основні положення об'єктної моделі.....	132
11.1.2. ООР, ООП і ООА.....	133
11.2. Складові частини об'єктного підходу.....	136
11.2.1. Парадигми програмування.....	136
11.2.2. Абстрагування.....	137
11.2.3. Інкапсуляція.....	143
11.2.4. Модульність.....	147
11.2.5. Ієрархія.....	151
11.2.6. Типізація.....	156
11.2.7. Паралелізм.....	161
11.2.8. Збереженість.....	163
11.3. Застосування об'єктної моделі.....	164
11.3.1. Переваги об'єктної моделі.....	164
11.3.2. Використання об'єктного підходу.....	165
11.3.3. Відкриті питання.....	166
Висновки.....	166
Контрольні запитання.....	166
РОЗДІЛ 12. Класи й об'єкти.....	167
12.1. Природа об'єкту.....	167
12.1.1. Що є й що не є об'єктом?.....	167
12.1.2. Стан.....	169
12.1.3. Поведінка.....	171
12.1.4. Ідентичність.....	175
12.2. Відношення між об'єктами.....	180
12.2.1. Типи відношень.....	180
12.2.2. Зв'язки.....	180
12.2.3. Агрегація.....	184
12.3. Природа класів.....	185
12.3.1. Що таке клас?.....	185
12.3.2. Інтерфейс і реалізація.....	185
12.3.3. Життєвий цикл класу.....	186
12.4. Відношення між класами.....	187
12.4.1. Типи відношень.....	187

12.4.2. Асоціація.....	188
12.4.3. Успадкування.....	189
12.4.4. Агрегація.....	201
12.4.5. Використання.....	202
12.4.6. Інсталювання (Параметризація).....	203
12.4.7. Метакласи.....	205
12.5. Взаємозв'язок класів і об'єктів.....	206
12.5.1. Відношення між класами й об'єктами.....	206
12.5.2. Роль класів і об'єктів в аналізі та проектуванні.....	207
Висновки.....	207
Контрольні запитання.....	207
РОЗДІЛ 13. Класифікація.....	209
13.1. Важливість правильної класифікації.....	209
13.2. Ідентифікація класів і об'єктів.....	211
13.3. Ключові абстракції й механізми.....	219
Висновки.....	221
Контрольні питання.....	222
РОЗДІЛ 14. Основні компоненти мови UML.....	223
14.1. Призначення мови UML.....	225
14.2. Загальна структура мови UML.....	228
14.3. Пакети в мові UML.....	230
14.4. Основні пакети мета-моделі мови UML.....	232
14.5. Специфіка опису мета-моделі мови UML.....	240
14.6. Особливості зображення діаграм мови UML.....	245
Контрольні запитання.....	248
РОЗДІЛ 15. Діаграма варіантів використання (use case diagram)....	249
15.1. Варіант використання.....	250
15.2. Актори.....	252
15.3. Інтерфейси.....	253
15.4. Примітки.....	255
15.5. Відношення на діаграмі варіантів використання.....	256
15.5.1. Відношення асоціації.....	256
15.5.2. Відношення розширення.....	258
15.5.3. Відношення узагальнення.....	260
15.5.4. Відношення включення.....	261
15.6. Приклад побудови діаграми варіантів використання.....	263
15.7. Рекомендації з розроблення діаграм варіантів використання.....	267
Контрольні запитання.....	269
РОЗДІЛ 16. Діаграма класів (class diagram).....	270
16.1. Клас.....	271
16.1.1. Ім'я класу.....	272

16.1.2. Атрибути класу.....	272
16.1.3. Операція.....	276
16.2. Відношення між класами.....	279
16.2.1. Відношення залежності.....	280
16.2.2. Відношення асоціації.....	281
16.2.3. Відношення агрегації.....	284
16.2.4. Відношення композиції.....	285
16.2.5. Відношення узагальнення.....	286
16.3. Інтерфейси.....	289
16.4. Об'єкти.....	290
16.5. Шаблони або параметризовані класи.....	290
16.6. Рекомендації з побудови діаграми класів.....	292
Контрольні запитання.....	293
РОЗДІЛ 17. Діаграма станів (statechart diagram).....	294
17.1. Автомати.....	295
17.2. Стан.....	298
17.2.1. Ім'я стану.....	299
17.2.2. Список внутрішніх дій.....	299
17.2.3. Початковий стан.....	300
17.2.4. Кінцевий стан.....	301
17.3. Перехід.....	301
17.3.1. Подія.....	302
17.3.2. Сторожова умова.....	302
17.3.3. Вираз дії.....	304
17.4. Складений стан і підстан.....	305
17.4.1. Послідовні підстани.....	306
17.4.2. Паралельні підстани.....	307
17.5. Історичний стан.....	308
17.6. Складні переходи.....	309
17.6.1. Переходи між паралельними станами.....	310
17.6.2. Переходи між складеними станами.....	311
17.6.3. Синхронізаційні стани.....	311
17.7. Рекомендації з побудови діаграм станів.....	314
Контрольні запитання.....	315
РОЗДІЛ 18. Діаграма діяльності (activity diagram).....	316
18.1. Стан дії.....	317
18.2. Переходи.....	318
18.3. Доріжки.....	321
18.4. Об'єкти на діаграмі діяльності.....	324
18.5. Рекомендації до побудови діаграм діяльності.....	326
Контрольні запитання.....	328

РОЗДІЛ 19. Діаграма послідовності (sequence diagram).....	329
19.1. Об'єкти на діаграмі послідовностей.....	330
19.1.1. Лінія життя об'єкту.....	331
19.1.2. Фокус керування.....	331
19.2. Повідомлення.....	333
19.2.1. Розгалуження потоку керування.....	334
19.2.2. Стереотипи повідомлень.....	335
19.2.3. Тимчасові обмеження на діаграмах послідовності.....	337
19.2.4. Коментарі або примітки.....	338
19.3. Приклад побудови діаграми послідовності.....	338
19.4. Рекомендації з побудови діаграм послідовності.....	339
Контрольні запитання.....	341
РОЗДІЛ 20. Діаграма кооперації (collaboration diagram).....	342
20.1. Кооперація.....	343
20.2. Об'єкти на діаграмі кооперації.....	345
20.2.1. Мультиоб'єкт.....	347
20.2.2. Активний об'єкт.....	347
20.2.3. Складений об'єкт.....	349
20.3. Зв'язки.....	349
20.4. Повідомлення.....	350
20.5. Приклад побудови діаграми кооперації.....	354
20.6. Рекомендації з побудови діаграм кооперації.....	356
РОЗДІЛ 21. Діаграма компонентів (component diagram).....	358
21.1. Компоненти.....	359
21.1.1. Ім'я компонента.....	360
21.1.2. Види компонентів.....	361
21.2. Інтерфейси.....	362
21.3. Залежності.....	363
21.4. Рекомендації з побудови діаграми компонентів.....	366
Контрольні запитання.....	367
РОЗДІЛ 22. Діаграма розгортання (deployment diagram).....	368
22.1. Вузол.....	369
22.2. З'єднання.....	371
22.3. Рекомендації з побудови діаграми розгортання.....	374
Контрольні запитання.....	376
Висновок.....	377
Використана література.....	378

Передмова наукового редактора серії підручників

«КОМП'ЮТИНГ»

Шановний читачу!

Започатковуючи масштабний освітньо-науковий проект підготовки і видання серії сучасних підручників під загальним гаслом «КОМП'ЮТИНГ» та загальним методичним патронуванням його Інститутом інноваційних технологій та змісту освіти МОН України, мені, як ініціатору та науковому керівнику, неодноразово доводилось прискіпливо аналізувати загальну ситуацію в царині сучасного україномовного підручника комп'ютерно-інформатичного профілю. Загалом, позитивна тенденція останніх років ще не співмірна з надзвичайно динамічним розвитком як освітньо-наукової та виробничої сфери комп'ютингу, так і стрімким розширенням потенційної цільової читацької аудиторії цього профілю. Іншими словами, попередній аналіз засвідчує наявність значного соціального замовлення під реалізацію пропонованого Вашій увазі проекту.

Ще одним фактором формування освітньо-наукової ініціативи, пропонованої групою відомих вітчизняних науковців-педагогів та практиків, які організують наукові дослідження, готують фахівців та провадять бізнес в галузі комп'ютингу, постало завдання широкомасштабного включення Української Вищої Школи до загальноєвропейських і всесвітніх об'єднань, структур і асоціацій. Виконуючи функцію науково-технічного локомотиву суспільства, галузь комп'ютингу невідворотно зобов'язана зіграти роль активного творця загальної освітньо-наукової платформи, яка має бути методологічно об'єднаною та професійно-інтеграційною основою для багатьох сфер людської діяльності.

Третім суттєвим фактором, який спонукав започаткувати проповану серію підручників є те, що об'єктивно визріла ситуація, коли фахівцям та науковцям треба подати чіткий сигнал щодо науково-методологічного осмислення та викладення базових знань галузі комп'ютингу як освітньо-наукової, виробничо-економічної та сервісно-обслуговувальної сфери.

Читач, безсумнівно, зверне увагу, на нашу послідовну промоцію нового терміну КОМП'ЮТИНГ (computing, англ.), який є вдалим та комплексно узагальнювальним для означення галузі знань, науки, виробництва, надання відповідних послуг та сервісів. Видається доречним подати ретроспективу як самого терміну комп'ютинг, так і широкої освітньої, наукової, бізнесової та виробничої сфери діяльності, що іменується комп'ютигом.

Гносеологічний аналіз подальшого формування інженерного рівня сфери КОМП'ЮТИНГУ невідворотно веде до структурного подання базових типів інженерій, які трактуються у класичному розумінні. ІНЖЕНЕРІЯ (майстерний – від лат. *ingeniosus*) – це наука про проектування та побудову (чит. створення) об'єктів певної природи. У цьому контексті природними для сфери КОМП'ЮТИНГУ є декілька видів інженерії. Мова йтиме про:

КОМП'ЮТЕРНУ ІНЖЕНЕРІЮ (computer engineering, англ.), яка охоплює проблематику проектування та створення об'єктів комп'ютерної техніки;

ПРОГРАМНУ ІНЖЕНЕРІЮ (software engineering, англ.), яка опікується проблематикою проектування та створення об'єктів, що іменуються програмними продуктами;

ІНЖЕНЕРІЮ ДАНИХ ТА ЗНАТЬ (data & knowledge engineering, англ.), інженерія, яка опікується проектуванням та створенням інформаційних продуктів;

інженерію, яка опікується проектуванням та створенням міжкомпонентних (інтерфейсних) взаємозв'язків та формуванням цілісних системних об'єктів, усе частіше іменують СИСТЕМНОЮ ІНЖЕНЕРІЄЮ (systems engineering, англ.).

У разі такого структурно–класифікаційного подання видів інженерій сфери комп'ютерингу зазначимо, що кожен з них у цьому трактуванні є „відповідальним” за певний тип забезпечення, а саме апаратного (hardware, англ.), програмного (software, англ.), інформаційного (dataware, англ.) та між компонентного (middleware, англ.). Інформаційну технологію (ІТ) можна трактувати як певну точку в чотиривимірному просторі зазначених інженерій. При цьому слід обов'язково зважити на певну частку наближення та інтерпретації цього простору як дискретного та неметричного.

Інформаційні технології (ІТ) використовують комп'ютерні та програмні засоби для реалізації процесів відбору, реєстрації, подання, збереження, опрацювання, захисту та передавання інформації – інформаційного ресурсу у формі даних та знань – з метою створення інформаційних продуктів.

Аналітична картина видаватиметься незавершеною, якщо не означити ще одну базову сутність сфери комп'ютерингу, якою є інформаційна система. Не претендуючи на абсолютну точність пропонованого твердження, розглядатимемо інформаційну систему як множину координат у чотиривимірному просторі інженерій сфери комп'ютерингу. Тобто інформаційну систему (ІС) подаємо як певний набір інформаційних технологій, що в комплексі зорієнтовані на досягнення певної системної мети, виконуючи задані функції та пропонуючи при цьому споживачам якісні інформаційні продукти та сервіси.

У свою чергу, для всіх штучних інформаційних системи притаманними є чотири життєвих фази їхнього формування та функціонування. Йдеться про фази системного аналізу, системного проектування, системної інтеграції та системного адміністрування, які генерують відповідні вимоги до професійної підготовки та практичної орієнтації фахівців у царині інформаційних систем. Ринок потребує системних аналітиків, системних проектувальників, системних інтеграторів та системних адміністраторів.

Комплексний виклад структурованого подання галузі КОМП'ЮТИНГУ дозволяє, загалом, чіткіше уявити проблематику та тематику підручників, котрі будуть виходити в світ у однойменній освітньо–науковій серії. Для кращого розуміння в майбутньому ще раз наведемо означення сфери КОМП'ЮТИНГУ як галузі знань (науки, виробництва, бізнесу та надання послуг), предметом якої є комплексні дослідження, розроблення, впровадження та використання інформаційних систем, складовими елементами яких є інформаційні технології, що реалізовані на основі сучасних інженерних досягнень комп'ютерної інженерії, інженерії програмного забезпечення, інженерії даних та знань, системної інженерії, котрі базуються на фундаментальних законах та закономірностях інформатики.

Автори підручників серії «КОМП'ЮТИНГ» пропонують значний перелік навчальних дисциплін, котрі, з одного боку, включаються до сфери комп'ютингу за означенням, а, з іншого боку, їх предмет ще не знайшов якісного висвітлення у вітчизняній навчальній літературі для вищої школи. Перший крок ми робимо у 2008 році, виданням принаймні десяти книг серії з подальшим її п'ятикратним розширенням до 2011 року. Структурно серія подається узагальненими профілями як то:

- фундаментальні проблеми комп'ютингу;
- комп'ютерні науки;
- комп'ютерна інженерія;
- програмна інженерія;
- інженерія даних та знань;
- системна інженерія;
- інформаційні технології та системи.

При цьому зауважу, що наведені укрупнені профілі серії підручників загалом співпадають з профілями бакалавратів, зафіксованих у підсумковому звіті “Computing CURRICULA” редакції 2006 року. Ми розуміємо, що чітка завершена будівля комп'ютингу з'явиться лише в перспективі, а наша праця буде подаватись як активний труд будівничих з якнайшвидшого втілення в життя проекту цієї, без перебільшення, грандіозної будівлі сучасного інформаційного суспільства. Я запрошую потенційних авторів долучитись до цього освітньо–наукового проекту, а шановних читачів виступити в ролі творчих критиків та опонентів. Буду вдячний за Ваші побажання, зауваження та пропозиції.

З глибокою повагою науковий редактор серії підручників «КОМП'ЮТИНГ»,
д.т.н., професор Володимир Пасічник.

Вступне слово авторів

У навчальному посібнику розглянуто два основних підходи до проектування інформаційних систем – структурне проектування, базоване на алгоритмічній декомпозиції, та об'єктно-орієнтоване проектування, яке ґрунтується на об'єктно-орієнтованій декомпозиції. Розподіл за алгоритмами концентрує увагу на послідовності подій, що відбуваються під час функціонування інформаційної системи, а розподіл за об'єктами надає особливого значення агентам, які є об'єктами або суб'єктами дії.

Структурно посібник складається із трьох частин.

У першій частині (загальних розділах) (розділи 1 – 4) розглядаються причини складності розроблення інформаційних систем і завдання, які необхідно вирішити, щоб подолати цю складність. Коротко розглянуто підходи і методології, за допомогою яких вирішуються ці завдання, наведено огляд їх історичного розвитку. Також у цих розділах подано необхідне математичне забезпечення, а саме: розглянуто математичну модель інформаційної системи, теорію графів і дерев, теорію множин і семантичних мереж.

Друга частина (розділи 3 – 10) присвячена опису структурних засобів аналізу та проектування інформаційних систем, таких як діаграми потоків даних, діаграми сутність-зв'язок, діаграми переходу станів. Детально описуються методи фізичного моделювання. Розглядаються поняття життєвого циклу проекту, ідентифікація та виникнення ідеї проекту. Аналізуються методи визначення цілей проекту, відсікання гірших варіантів і відбирання ідей та альтернативних варіантів проекту.

Третя частина (розділи 11 – 22) присвячена об'єктно-орієнтованому аналізу та проектуванню інформаційних систем, також тут розглянуто уніфіковану мову моделювання UML, в якій реалізовано об'єктно-орієнтований підхід. Розглядається об'єктна модель, вводяться поняття класу й об'єкту. Детально описано діаграми UML і їх використання під час моделювання структури і поведінки системи. Подано приклади моделювання реалізації системи за допомогою цих діаграм.

Викладений у навчальному посібнику матеріал презентує методику формування знань із методів системного аналізу і застосування цих знань під час розроблення інформаційних систем. Методи проектування інформаційних систем подаються як „міст” між теорією та практикою побудови прикладних корпоративних інформаційних систем.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АБД – адміністратор бази даних

БД – база даних

ЖЦ – життєвий цикл

ІАД – інтелектуальний аналіз даних

ІАС – інформаційно-аналітична система

ІС – інформаційна система

КД – контекстна діаграма

КІАС – корпоративна інформаційно-аналітична система

МС – міні специфікація

ООА – об’єктно-орієнтований аналіз

ООАП – об’єктно-орієнтований аналіз і проектування

ООП – об’єктно-орієнтоване проектування

ПА – програмний агент

ПЗ – програмне забезпечення

ПО – предметна область

ППП – промисловий програмний продукт

РБД – розподілена база даних

СКБД – системи керування базами даних

СППР – система підтримки прийняття рішень

СОД – система опрацювання даних

ССА – системний структурний аналіз

ТСД – тематичне сховище даних

Наталія Богданівна **Шаховська**
Василь Васильович **Липчук**

ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Навчальний посібник

Стереотипне видання

Формат 70 × 100/16. Папір офсетний
Гарнітура Таймс Нью Роман
Умовн. друк. арк. 30,88

ПП “Магнолія 2006”
м. Львів-53, 79053, Україна, тел. +380503701957
e-mail: magnol06@ukr.net
Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції: серія ДК № 2534 від 21.06.2006 року,
видане Державним комітетом інформаційної політики,
телебачення та радіомовлення України

Надруковано у друкарні видавництва “Магнолія 2006”