УДК 378.091.33:[004+510.65]

Твердохліб І.А.

МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ БАГАТОЗНАЧНИХ ЛОГІК В КУРСІ ЛОГІЧНИХ ОСНОВ ІНФОРМАТИКИ

В статті наголошується на важливості вивчення багатозначних логік студентами фізико-математичних спеціальностей педагогічних університетів, пропонується методика навчання багатозначних логік як невід’ємна складова формування інформатичних компетентностей майбутніх вчителів інформатики.

Ключові слова: методика навчання, багатозначна логіка, інформатика.

В профільній підготовці майбутніх вчителів інформатики важливе місце повинне займати вивчення фундаментальних основ теоретичної інформатики, що складають загальноосвітнє ядро цієї галузі. Одним із розділів, що відносять до теоретичних основ інформатики є логічні основи інформатики. Створення та розвиток методичної системи навчання логічних основ інформатики відіграє важливу роль у процесі підготовки майбутніх вчителів інформатики, формуванні їх інформаційної культури та професійних компетентностей, розумінні основних етапів конструювання та функціонування послідовнісних та функціональних вузлів електронно-обчислювальної техніки.

При навчанні студентів фізико-математичних спеціальностей педагогічних університетів логічним основам інформатики важливим є вивчення теми "Багатозначні логіки", оскільки це сприяє знайомству майбутніх вчителів інформатики з сучасними напрямами розвитку логічного вчення, дозволяє вийти за рамки двозначності в логіці та усвідомити новаторські логіко-філософські ідеї сучасності. Вивчення студентами багатозначних логік сприяє знайомству їх із застосуванням багатозначних логік у вирішенні парадоксів класичної математичної логіки, в квантовій механіці, теорії релейно-контактних схем тощо.

Аналіз навчально-методичної, наукової літератури, освітньо-професійних програм, навчальних планів та навчальних програм підготовки вчителів інформатики педагогічних університетів дозволяє зробити висновки про те, що дане питання не висвітлюється в змісті навчальних дисциплін фахової підготовки майбутніх вчителів інформатики в педагогічних ВНЗ України. Тому, метою даної статті є розробка методики навчання теми "Багатозначні логіки" студентів фізико-математичних спеціальностей педагогічних університетів.

В розробленому нами курсі [8] на вивчення даної теми відводиться 16 годин, з яких: 4 год.– лекційні заняття, 4 год.– лабораторні заняття, а 8 годин відводиться на самостійну навчально-пізнавальну діяльність студентів. Метою вивчення даної теми є:

познайомити студентів з поняттям багатозначності в сучасній логіці, історією виникнення та різновидами багатозначних логік;

вивчити логічні операції та сформувати вміння будувати їх таблиці істинності в трьохзначній логіці;

навчити розрізняти унарні та бінарні функції $k-$значної логіки, познайомити студентів з чотиризначними логіками, визначити повну систему функцій багатозначної логіки;

показати шляхи застосування багатозначних логік при вирішенні парадоксів математичної логіки, в квантовій механіці, теорії релейно-контактних схем.

Зміст лабораторних занять має цілком відповідати змісту лекційних. На лекційних заняттях зі студентами з’ясовуються передумови виникнення та основні напрями розвитку багатозначних логік, розглядаються основні положення багатозначних логік Я. Лукасевича, Д. Бочвара, А. Гейтінга, Е. Поста, наводяться приклади таблиць істинності в трьохзначних системах логіки та правила виконання логічних операцій в них, визначається чотиризначна та нескінченнозначна логіка, визначається повна система функцій багатозначної логіки. Робота студентів на лабораторних заняття спрямована на формування умінь і навичок будувати таблиці істинності висловлень в трьохзначній логіці, визначати типи формул та основні закони багатозначної логіки, формуванню уявлення студентів про принципи побудови чотиризначних логік.

Вивчення елементів теорії багатозначних логік варто почати з актуалізації опорних знань та мотивації студентів до навчання. Актуалізація проводиться шляхом згадування основних принципів побудови класичної логіки, проведення короткого аналізу передумов виникнення некласичних напрямів сучасної логіки та наголошенні на можливих шляхах застосування основних положень багатозначної логіки в науці та техніці.

Багатозначна логіка, як галузь науки не зводиться лише до обчислень, а охоплює загальні питання побудови та обґрунтування обчислень, їх взаємовідношення, зв’язки з двозначною логікою, тобто охоплює теоретичні дослідження предметом яких є багатозначні обчислення [4, с. 12]. Основоположником багатозначної логіки є польський логік Я. Лукасевич, який розробив першу теорію трьохзначної логіки. Виходячи з міркувань, що принцип двозначності не є універсальним і не може бути застосовний до майбутніх ймовірнісних подій, він вводить третє значення істинності висловлення, яке, на відміну від логічного нуля (0) та одиниці (1), позначається $1/2$, інтерпретується як "невизначено", "нейтрально", і може тлумачитися у вигляді положення: "може бути істинним, а може бути хибним".

В трьохзначній системі Я. Лукасевича в якості вихідних логічних зв’язок приймаються заперечення та імплікація, визначення яких співпадає з визначенням даних логічних операцій в булевій логіці, за умови набуття значень істинності з множини $\{0,1\}$, а в інших випадках довизначення логічних операцій відбувається за формулами:

$$\left(1 \to 1/2\right) \equiv \left(1/2 \to 0\right) \equiv 1/2;$$

$$\left(0 \to 1/2\right) \equiv \left(1/2 \to 1/2\right) \equiv \left(1/2 \to 1\right) \equiv 1;$$

$$\overline{1/2} \equiv 1/2.$$

Використовуючи рівносильності булевої алгебри можна виразити й інші логічні функції через вихідні, що беруться за основу в трьохзначній системі Я. Лукасевича:

$$x \vee y \equiv \left(x \to y\right) \to y;$$

$x \wedge y \equiv \overline{(\bar{x} \vee \bar{y})}$;

$x \leftrightarrow y \equiv (x \rightarrow y) \wedge (y \rightarrow x)$.

Враховуючи вище наведені рівносильності побудуємо таблиці істинності основних логічних операцій в трьохзначній логічній системі Я. Лукасевича.

Таблиця 1

Таблиці істинності логічних операційв трьохзначній логіці Я. Лукасевича

x	$\bar{x}$
1	0
$1/2$	$1/2$
0	1

а) заперечення

$x \rightarrow y$	1	$1/2$	0
1	1	$1/2$	0
$1/2$	1	1	$1/2$
0	1	1	1

б) імплікація

$x \wedge y$	1	$1/2$	0
1	1	$1/2$	0
$1/2$	$1/2$	$1/2$	0
0	0	0	0

в) кон'юнкція

$x \vee y$	1	$1/2$	0
1	1	1	1
$1/2$	1	$1/2$	$1/2$
0	1	$1/2$	0

г) диз'юнкція

$x \leftrightarrow y$	1	$1/2$	0
1	1	$1/2$	0
$1/2$	$1/2$	1	$1/2$
0	0	$1/2$	1

д) еквіваленція

Визначення кількості можливих варіантів комбінацій значень істинності пропозиційних змінних в трьохзначній логіці визначається за формулою 3^n, тоді як в двозначній – 2^n, де n – кількість елементарних висловлень у логічній формулі, а основа визначається кількістю можливих значень істинності логічної змінної.

Приклад 1. Побудувати таблицю істинності логічної функції в трьохзначній логіці Я. Лукасевича.

$$(x \vee y) \rightarrow \bar{x} \qquad (1)$$

Розв’язання: Виходячи із формули для побудови таблиці істинності в трьохзначній логіці, така таблиця матиме 9 рядків.

Таблиця 2

Таблиця істинності логічної функції

№	x	y	$\overline{x}$	$x \vee y$	$(x \vee y) \to \overline{x}$
1	1	1	0	1	0
2	1	$1/2$	0	1	0
3	1	0	0	1	0
4	$1/2$	1	$1/2$	1	$1/2$
5	$1/2$	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1
6	$1/2$	0	$1/2$	$1/2$	1
7	0	1	1	1	1
8	0	$1/2$	1	$1/2$	1
9	0	0	1	0	1

Окрім табличного способу визначення логічних операцій в трьохзначній логіці застосовують також метод рівносильностей, використовуючи спеціальне позначення логічних операцій, введене Я. Лукасевичем. Наведемо рівносильності для визначення логічних операцій в логічній системі Я. Лукасевича.

Таблиця 3

Рівності для визначення логічних операційв трьохзначній логіці Я. Лукасевича

Логічна операція	Позначення	Визначальна рівність	Приклад
Заперечення	N	$\lvert Nx\rvert = 1 - \lvert x\rvert$	$Якщо \lvert x\rvert = 0,\ тоді$ $\lvert Nx\rvert = 1 - \lvert x\rvert = 1 - 0 = 1$
Імплікація	C	$\lvert Cxy\rvert = \min\left(1,\ 1 - \lvert x\rvert + \lvert y\rvert\right)$	$\left\lvert C1, 1/2\right\rvert = \min\left(1,\ 1 - 1 + 1/2\right) =$ $= \min\left(1, 1/2\right) = 1/2$

Кон’юнкція	K	$\lvert Kxy \rvert = \min(\lvert x \rvert, \lvert y \rvert)$	$\lvert K1,0 \rvert = \min(1,\ 0) = 0$
Диз’юнкція	A	$\lvert Axy \rvert = \max(\lvert x \rvert, \lvert y \rvert)$	$\left\lvert A0, \frac{1}{2} \right\rvert = \max\left(0, \frac{1}{2}\right) = \frac{1}{2}$

Для формування у студентів вмінь будувати таблиці істинності та визначати логічні операції в трьохзначній системі Я. Лукасевича доцільно, на нашу думку, запропонувати студентам:

– заповнити таблиці істинності логічних операцій в трьохзначній логіці використовуючи визначальні рівності;

– виконати завдання Прикладу 1 використовуючи визначальні формули для визначення значення істинності логічних операцій, наведені в Таблиці 3.

Далі студентам доцільно ввести поняття тавтології в трьохзначній логіці, показати, що всі формул, які є тавтологіями в логічній системі Я. Лукасевича є тавтологіями в двозначній логіці, а тавтології булевої алгебри не завжди будуть тавтологіями в багатозначній логіці.

Як і в булевій логіці формула трьохзначної логіки є тавтологією, якщо вона набуває істинних значень на всіх можливих наборах значень істинності пропозиційних змінних. Множина даних тавтологій називається трьохзначною логікою Я. Лукасевича і умовно позначається L_3 [5, с. 35]. Аксіоматизацію трьохзначної логіки (множини тавтологій L_3) провели учні та послідовники Я. Лукасевича А. Тарський та М. Вайсберг, які використовують два правила виводу (Modus ponens і підстановку) та виділяють чотири аксіоми:

$(x \to y) \to ((y \to z) \to (x \to z))$ або $CCxyCCyzCCxz$;

$x \to (y \to x)$ або $CxCyx$;

$(\bar{x} \to \bar{y}) \to (y \to x)$ або $CCNyNxCxy$;

$((x \to \bar{x}) \to x) \to x$ або $CCCxNxxx$.

Варто наголосити на тому, що найбільшою відмінністю логіки L_3 від класичної логіки C_2 є те, що остання є функціонально повною логічною системою, на відміну від L_3. Як зазначається в [3, 4, 5, 6], система трьохзначних функцій $C - N$ не є функціонально повною, що вказує на те, що не всі трьохзначні логічні функції можна представити через логічні операції заперечення та імплікації. Система L_3 стає функціонально повною, якщо в неї додати оператор Слупецького T_P, який переводить будь-яке значення істинності висловлення в $\frac{1}{2}$. Дана логічна система позначається L_3^T. Доповнення аксіом А. Тарського та М. Вайсберга ще двома аксіомами, що містять оператор Слупецького:

$CTxNTx$;

$CNTxTx$.

призводить до утворення аксіоматизованої функціонально повної трьохзначної логічної системи L_3^T.

Використовуючи таблиці істинності, або рівності для визначення значень істинності логічних операцій демонструємо студентам той факт, що не всі тавтології двозначної логіки є тавтологіями в логіці Я. Лукасевича.

Приклад 2.Довести, що закони двозначної логіки $CCNxxx$, $NKxNx$, $AxNx$ не є тавтологіями трьохзначної системи L_3.

Розв'язання: Оскільки за умовою сказано, що це закони двозначної логіки, то вони є тавтологіями в C_2. Залишається перевірити яких значень істинності набувають дані закони в системі L_3.

Підставивши значення $1/2$ в дані вирази, переконаємося, що в трьохзначній системі Я. Лукасевича дані формули не є законами:

$$CCN\,1/2\,1/2\,1/2 \equiv CC\,1/2\,1/2 \equiv C\,1\,1/2 \equiv 1/2;$$

$$NK\,1/2\,N\,1/2 \equiv NK\,1/2\,1/2 \equiv N\,1/2 \equiv 1/2;$$

$$A\,1/2\,N\,1/2 \equiv A\,1/2\,1/2 \equiv 1/2.$$

Варто звернути увагу студентів на таку особливість системи Я. Лукасевича: висловлення $NKxNx$ та $AxNx$ є відповідно законом протиріччя $\left(\overline{(x \wedge \bar{x})}\right)$ та законом виключення третього $\left(x \vee \bar{x}\right)$ двохзначної логіки, проте не є такими законами в трьохзначній системі Я. Лукасевича. Це пояснюється тим, що при підстановці значення $|x| = 1/2,$ закони перестають бути тавтологіями:

$$NK\,1/2\,N\,1/2 \equiv NK\,1/2\,1/2 \equiv N\,1/2 \equiv 1/2;$$

$$A\,1/2\,N\,1/2 \equiv A\,1/2\,1/2 \equiv 1/2.$$

Легко переконатися в тому, що не є тавтологіями в трьохзначній системі L_3 також заперечення законів протиріччя та виключення третього, здійснивши заперечення даних законів. В трьохзначній логіці Я. Лукасевича не є тавтологіями також деякі формули, що структурно виражають правильні дедуктивні міркування традиційної логіки, формалізовані засоби алгебри логіки, а саме: modus tollens, проста деструктивна дилема, а також формули роздільно-категоричного силогізму з нестрогою диз'юнкцією [2, с. 260]. В системі L_3 тавтологіями є закон подвійного заперечення, всі чотири правила де Моргана та закон контрапозиції, які можна використовувати як закони трьохзначної системи Я. Лукасевича.

Таким чином, можна зробити висновки про те, що трьохзначна система Я. Лукасевича (і взагалі, всі багатозначні логіки) не є запереченням двозначної логіки, а є її узагальненням, оскільки при виключенні значень істинності відмінних від 0 та $1,$ двозначна логіка виступає як граничний випадок багатозначної.

При вивченні трьохзначних логічних систем не слід обмежуватися лише системою L_3, проте обмаль навчального часу не дозволяє зупинитися детально на інших трьохзначних системах Б. Гейтінга, Л. Брауера, Д. Бочвара, С. Кліні, С. Холдена та ін. Проте студентам доцільно навести декілька таблиць істинності логічних операцій для порівняння, а решту винести на самостійне опрацювання запропонувавши опрацювати літературні джерела [2], [4], [7], [10].

Наступним етапом вивчення теми є знайомство студентів з основами побудови чотиризначних логік на прикладі чотиризначної системи Я. Лукасевича, стимулом до створення якої було дослідження ним модальних висловлювань. В своїх дослідженнях вчений приходить до висновку, що при побудові систем модальної логіки необхідне збереження класичного пропозиційного числення, чому і відповідає створена ним чотиризначна логіка, описана в [9].

При побудові своєї системи Я. Лукасевич за основу бере істинне і хибне значення істинності висловлення, утворюючи чотири пари: $(1,1)$, $(1,0)$, $(0,1)$ та $(0,0)$, які розглядаються як елементи нової таблиці істинності.

Позначимо введені упорядковані пари відповідними числами та визначимо їх значення істинності:

$(1,1) = 1-$ *істинно*;

$(1,0) = 2-$ *ближче до істини*;

$(0,1) = 3-$ *ближче до хиби*;

$(0,0) = 0-$ *хибно*.

Значення істинності для базових логічних операцій заперечення та імплікації в чотиризначній логіці Я. Лукасевич задає такими рівностями:

$C(a,b)(c,d) = (Cac, Cbd)$;

$N(a,b) \equiv (Na, Nb)$.

Наведемо приклади таблиць істинності для визначальних логічних операцій в чотиризначній системі Я. Лукасевича.

Таблиця 4

Таблиці істинності логічних операційв чотиризначній логіці Я. Лукасевича

x	Nx
$(1,1)$	$(0,0)$

C	$(1,1)$	$(1,0)$	$(0,1)$	$(0,0)$
$(1,1)$	$(1,1)$	$(1,0)$	$(0,1)$	$(0,0)$

$(1,0)$	$(0,1)$
$(0,1)$	$(1,0)$
$(0,0)$	$(1,1)$

а) заперечення

$(1,0)$	$(1,1)$	$(1,1)$	$(0,1)$	$(0,1)$
$(0,1)$	$(1,1)$	$(1,0)$	$(1,1)$	$(1,0)$
$(0,0)$	$(1,1)$	$(1,1)$	$(1,1)$	$(1,1)$

б) еквіваленція

Побудову таблиць істинності логічних операцій кон'юнкції, диз'юнкції та еквіваленції в чотиризначній логіці ми пропонуємо винести на лабораторне заняття, зазначивши, що Я. Лукасевич визначає дані логічні операції такими рівностями:

$$K(a,b)(c,d)=(Kac,\ Kbd);$$

$$A(a,b)(c,d)=(Aac,\ Abd);$$

$$Q(a,b)(c,d)=(Qac,\ Qbd).$$

Як і у випадку з трьохзначною логікою, чотиризначна логічна система також є узагальненням двозначної логіки. Для формування вмінь побудови таблиць істинності формул чотиризначної логіки, запропонуємо студентам на лабораторних заняттях виконати побудову таких таблиць.

Приклад 3.Перевірити чи будуть тавтологіями в чотиризначній логіці закон протиріччя $\overline{(x \wedge \bar{x})}$ і виключення третього $x \vee \bar{x}$.

Розв'язання: для виконання даного завдання скористаємося методом таблиць істинності, і побудуємо таблиці істинності для закону протиріччя і виключення третього в чотиризначній логіці.

Таблиця 5

Таблиця істинності закону протиріччята виключення третього в L_4

№	x	$\bar{x}$	$x \vee \bar{x}$	$x \vee \bar{x}$	$x \wedge \bar{x}$	$\overline{x \wedge \bar{x}}$	$\overline{x \wedge \bar{x}}$
1	$(1,1)$	$(0,0)$	$(1,1)$	1	$(0,0)$	$(1,1)$	1
2	$(1,0)$	$(0,1)$	$(1,1)$	1	$(0,0)$	$(1,1)$	1
3	$(0,1)$	$(1,0)$	$(1,1)$	1	$(0,0)$	$(1,1)$	1
4	$(0,0)$	$(1,1)$	$(1,1)$	1	$(0,0)$	$(1,1)$	1

Виходячи з того, що закон протиріччя та виключення третього є тавтологіями і в чотиризначній логіці, можна стверджувати, що багатозначна логіка не завжди відкидає закони двозначної логіки.

На лекційних заняттях студентам повідомляються основні відомості з теорії функцій багатозначної логіки, зокрема: вводиться поняття функції багатозначної логіки, наводяться приклади унарних та бінарних функцій, визначається функціональна повна система функцій багатозначної логіки.

Функції багатозначної логіки можна умовно поділити на прості, які визначаються так, що для кожної комбінації значень істинності аргументів вказується одне і тільки одне значення функції, та складні функції, які можуть приймати два і більше значень при певному фіксованому наборі значень істинності аргументів [3, с. 113]. В багатозначній логіці розглядаються однорідні логічні функції, що визначені на множині $V_k = \{0,1,...,k-1\},$ а сама функція $k-$значної логіки від n змінних приймає значення з тієї ж множини. Множину V_k називають алфавітом багатозначної логіки.

Означення: Функція $f(\tilde{x}^n) = f(x_1, x_2, ..., x_n)$ називається функцією $k-$значної логіки, якщо на будь-якому наборі $\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_n)$ значення змінних $x_1, x_2, ..., x_n,$ де $\alpha_i \in V_k,$ а значення $f(\tilde{\alpha})$ також належить множині V_k.

Функція багатозначної логіки $f(x_1, x_2, ..., x_n)$ однозначно може бути представлена таблицею істинності, де для всіх наборів значень істинності аргументів довжиною n вказано значення істинності функції. Множину всіх функцій $k-$значної логіки будемо позначати $P_k,$ а кількість функцій, що містить дана множина, і які залежать від n змінних визначається як k^{k^n}.

Як і в двозначній логіці, в системі P_k виділяються функції, які найбільш часто використовуються в логіці, обчислювальних пристроях, відіграють там важливу роль. Такі функції називаються елементарними, які зображають узагальнення аналогічних функцій двозначної логіки. Розглянемо основні елементарні функції $k-$значної логіки, в яких можна виділити унарні та бінарні функції:

заперечення Е. Поста: $\bar{x} = x + 1(\bmod k);$

заперечення Я. Лукасевича: $\sim x = Nx = (k-1) - x;$

характеристична функція першого роду числа i $j_i(x),$ $(i = 0,1,2,...,k-1):$

$$j_i(x) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } x = i, \\ 0, \text{ якщо } x \neq i; \end{cases}$$

характеристична функція другого роду числа i $j_i(x),$ $(i = 0,1,2,...,k-1):$

$$J_i(x) = \begin{cases} k-1, \text{ якщо } x = i, \\ 0, \text{ якщо } x \neq i; \end{cases}$$

функція Вебба: $\upsilon_k(x, y) = \max(x, y) + 1(\bmod k);$

різниця за модулем k : $$x - y = \begin{cases} x - y, \text{ якщо } 0 \le y \le x \le k-1, \\ k - (y - x), \text{ якщо } 0 \le x < y \le k-1. \end{cases}$$

До бінарних функцій також можна віднести узагальнення кон'юнкції, узагальнення диз'юнкції, імплікацію, суму за модулем $k,$ тощо. Функції багатозначної логіки володіють властивостями комутативності та асоціативності.

Означення: Система основних функцій певної багатозначної логіки називається функціонально повною тоді і тільки тоді коли будь-яка функція може бути представлена через функції цієї системи.

В $k-$значних логіках дослідження довільної системи функцій на повноту пов'язане з великими технічними складностями. Доведення повноти конкретних систем в P_k проводять шляхом зведення їх до відомих функціонально повних систем багатозначної логіки, таких як системи Россера-Туркетта, Е. Поста. Існує також ряд ознак повноти системи функцій (критерії Е. Слупецького, С.В. Яблонського, А. Саломаа, С. Пікара), в яких розглядають множини функцій, що містять сукупність функцій однієї змінної та ще одну функцію, яка суттєво залежить не менше ніж від двох змінних [1].

Варто зауважити, що вирішення проблем функціональної повноти дає можливість звести вивчення функції деякої логічної системи до вивчення лише основних функцій даної системи. Цікавим питанням некласичної логіки, є застосування теорії предикатів в багатозначних логіках, чому присвячені дослідження Д. Россера і А. Тюркетта, А. Мостовского, К. Ханга, Б. Скарпелліні, Л. Белуцца, І. Рутледжа, Л. Хея та інших. У зв'язку з браком навчального часу і недостатньою розробленістю даного питання в сучасній науці, ми пропонуємо винести вивчення даного питання на самостійне опрацювання студентів.

Таким чином, нами була описана методика навчання теми "Багатозначні логіки", що є змістовою складовою навчальної дисципліни "Логічні основи інформатики" фахової підготовки студентів інформативних спеціальностей педагогічних університетів. Подальшого дослідження набули питання організації самостійної роботи студентів та використання засобів інформаційно-комунікаційних технологій в процесі вивчення теми "Багатозначні логіки" в педагогічних університетах.

Використані джерела

Гаврилов Г.П. Задачи и упражнения по дискретной математике: Учеб. пособие / Г.П. Гаврилов, А.А. Сапоженко.– 3-е изд., перераб.– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.– 416 с.

Гетманова А.Д. Учебник по логике. 2-е изд./ Александра Денисовна Гетманова.– М.: ВЛАДОС, 1995.– 303 с.

Зиновьев А.А. Очерки комплексной логики / Александр Александрович Зиновьев / Под ред. Е.А. Сидоренко.– М.: Эдиториал УРСС, 2000.– 560 с.

Зиновьев А.А. Философские проблемы многозначной логики / Александр Александрович Зиновьев / Вступ. ст. В.А. Лекторского. Изд. 2-е, испр. И доп.– М.: Издательство ЛКИ, 2010.– 144 с. (Из наследия А.А. Зиновьева)

Карпенко А.С. Логика Лукасевича и простые числа / Александр Степанович Карпенко.– М.: Наука, 2000.– 319 с.

Карпенко А.С. Развитие многозначной логики / Александр Степанович Карпенко. Изд. 3-е, перераб. и доп.– М.: Издательство ЛКИ, 2010.– 448 с.

Конверський А.Є. Логіка (традиційна та сучасна): Підручник для студентів вищих навчальних закладів.– 2-ге вид. / Анатолій Євгенович Конверський.– К.: Центр учбової літератури, 2008.– 536 с.

Логічні основи інформатики: програма навчальної дисципліни для підготовки студентів спеціальності 6.040302 "Інформатика*" Інституту інформатики НПУ імені М.П. Драгоманова [Текст]; укл. І.А. Твердохліб (в авторській редакції).– К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2013.– 27 с.

Лукасевич Я. Аристотелевская силлогистика с точки зрения современной формальной логики. Пер. с англ. Н.И. Стяжкина, А.Л. Субботина / Ян Лукасевич. За ред. П.С. Попова – М.: Издательство иностранной литературы, 1959.– 312 с.

Павлов С.А. Логика с операторами истинности и ложности: Монография / Сергей Афанасьевич Павлов.– М.: Институт философии Российской Академии Наук, 2004.– 143 с.

Tverdokhlib I.A.

Methodological Aspects of Studying the Multivalued Logics at the Course
"Logic Basis of Informatics"

the article points out on the impotence of studying multivalued logics by the students of physics and mathematics department at pedagogical universities. It describes the methodology of teaching multivalued logics as an integral part of forming competences of future teachers of informatics.

Key words: the methodology of teaching, multivalued logics, informatics.

Стаття надійшла до редакції 01.08.2013 р.