

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВИБОРУ РОЗМІРІВ КОНТРОЛЬНИХ ЗРАЗКІВ ВІД ВІДСОТКА ДЕТЕКТОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ВІДЕО

У статті на основі експерименту досліджено методи детектування, щоб визначити, як змінюється якість захоплення чужорідних об'єктів на відео залежно від вибору розмірів контрольного зразка та площі покриття зразками відеокадру. Для експерименту було обрано відео, отримане з безпілотного повітряного судна, з різними типами та розмірами цільових об'єктів на відеокадрах. Було виявлено, що якість захоплення цільового об'єкта на відео лінійно не залежить від розмірів контрольних зразків. Встановлено модель зміни швидкості зростання від розміру контрольного зразка. Для використання мінімального об'єму пам'яті рекомендовано використовувати контрольні зразки найменшого розміру, але при цьому зразок має бути співрозмірний із площею об'єкта, що підлягає пошуку. Рекомендовано модернізувати процедуру захоплення цілей різних розмірів на одному відео. Це дасть можливість більшого накопичення типових текстур зразками малих розмірів та пришвидшить процес очищення зайвих зразків.

Ключові слова: безпілотне повітряне судно, ідентифікація об'єктів, захоплення чужорідних об'єктів, класифікація текстур, відеоспостереження.

А.А. ROHATIUK

National Aviation University, Kyiv

RESEARCH OF DEPENDENCE OF THE CONTROL SAMPLE SIZE SELECTION ON THE PERCENTAGE OF OBJECTS DETECTED ON VIDEO

Annotation. On the basis of the experiment the methods of detection to determine how the quality of capture foreign objects in the video by selecting the control sample size and area coverage examples of the video frame. For experiment was chosen video obtained from unmanned aircraft with different types and size of target objects on video. It was found that the quality of the target to capture video is not linearly dependent on the size of the control samples. Established model changes the rate of growth of the size of the control sample. To use the minimum amount of memory recommended to use control samples smallest size, but the sample must be commensurate with the area of the object to be searchable. Recommended upgrade procedure delight goals of different sizes in one video. This will allow greater accumulation of textures typical examples of small size and speed up the cleaning process extra samples.

Keywords: unmanned aircraft, object identification, capture foreign objects, texture classification, video surveillance.

Актуальність проблеми

Зі стрімким розвитком технологій відеоспостереження, з'явилася потреба швидкої обробки великої кількості відео даних. Одним із важливих завдань у цьому контексті є механізм розпізнавання рухомих об'єктів на відео в режимі реального часу.

В останні роки набувають широкої популярності безпілотні повітряні судна (БПС). Вітчизняне використання БПС потребує ряд розробок не тільки апаратного складу, а й програмного забезпечення керування апаратом та аналізу отриманих даних. Актуальними є вибір методів та розробка на їх основі програмного забезпечення, щоб дозволило вирішувати задачі: класифікації текстур на відео, розпізнавання об'єкта за еталонним зразком, ідентифікації та ведення рухомого об'єкта і т.д., отриманих з рухомої камери БПС в режимі реального часу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Більшість існуючого програмного забезпечення, в якому реалізовані алгоритми детектування руху, та які є доступними для широкого кола користувачів, є переважно системи охоронного призначення, системи для моніторингу та контролю дорожнього руху [1].

Одним з основних завдань, які вирішують дані системи, є захоплення руху об'єкта, тобто автоматизоване виявлення руху (RiseSun) [2]. Загалом, в таких системах можливість детектування з декількох камер одночасно обмежено тільки потужністю комп'ютера (EyeLine) [3]. В процесі детектування руху різні системи пропонують різні налаштування, такі як: зони спостереження можуть бути будь-якої форми і розміру, можливість регулювати рівень чутливості для кожної зони (WebCamLooker) [4]; детектування повільного і швидкого руху, виставлення довільних зон детектування, детектування осіб, детектування розфокусування, детектування зсуву (Trassir) [5]; детектування об'єктів за кількома ознаками (яскравість, межі, колір, особливі точки) (MagicBox) [6]. Деякі системи також додатково включають в себе здатність реагувати на припинення руху. Системи детектування руху які розроблені для БПС не мають широкого доступу, що підтверджує актуальність розробки відповідних систем.

Виходячи з актуальності зазначеної проблематики, було розроблено метод детектування чужорідного об'єкта на відео в режимі реального часу [7]. Під чужорідним об'єктом розуміється текстура на відео що не схожа на типові для відео текстури, наприклад, будинок серед лісу. Для реалізації в програмному забезпеченні було розроблено процедуру, яка базується на даному методі.

На вхід процедури відеодані надходять у вигляді послідовності відеокадрів:

$$V = \{V_k, k = \overline{1, K}\}, \quad (1)$$

де V_k – являє собою кадр потокового відео V , K – загальна кількість відеокадрів на відео.
Кожен відеокадр представляє собою двовимірний масив пікселів:

$$V_k = \{v_{k,i,j}\}, \quad (2)$$

де $k = \overline{1, K}$, $i = \overline{0, N-1}$, $j = \overline{0, M-1}$, де $N \times M$ – розмір відеокадру.

Будь-який піксель $v_{k,i,j}$ представлений у вигляді значень трьох складових растру у колірній моделі RGB, де:

$$v_{k,i,j} = r_{k,i,j} + g_{k,i,j} \times 256 + b_{k,i,j} \times 65536, \quad (3)$$

Для захоплення об'єкт, відеокадр умовно розбивається на контрольні зразки (Рис. 1).

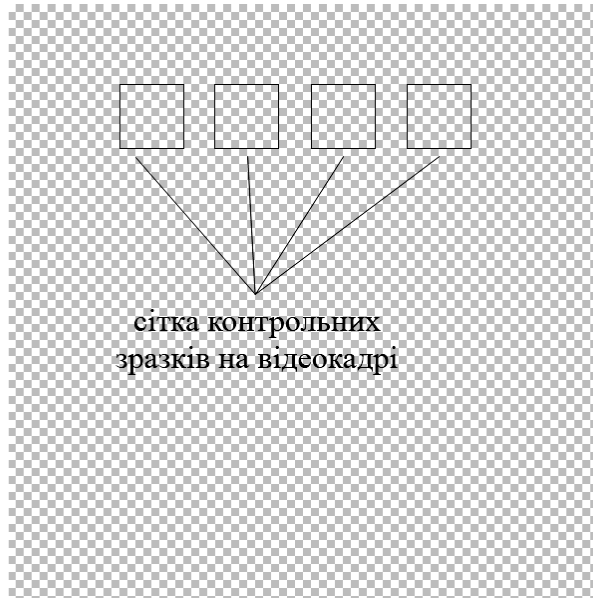


Рис. 1. Приклад розбиття відеокадру на контрольні зразки

Площа контрольного зразка дорівнює $(2R + 1)^2$, де R – відстань до центральної точки зразка, і задається на вхід процедури. В залежності від кількості L контрольних зразків, площа покриття відеокадру така:

$$S = L \cdot (2R + 1)^2.$$

Процедура детектування була реалізована в системі обробки даних потокового відео [8] з камер цільового призначення БПС, та яка функціонує на такому обладнанні: графічний процесор: AMD Radeon, частота процесора: 2.2 GHz, оперативна пам'ять 4 Gb, операційна система: Windows 7.

Метод детектування чужорідних об'єктів пропонується для роботи з відеокадрами в режимі реального часу і основними показниками при оцінюванні роботи методу є:

- 1) якість детектування (відсоток захоплених чужорідних об'єктів на відео);
- 2) швидкодія (час обробки одного відеокадру);
- 3) ресурсоємність (обсяг використаної оперативної пам'яті).

Дані показники характеризують якість захоплення об'єкта. Отже загальна проблематика дослідження даної роботи полягає в отриманні максимальної якості детектування при мінімальній витраті часу, в ідеалі – в режимі реального часу, та з мінімальним обсягом використаної пам'яті. Максимально ефективною процедура буде, якщо весь відеокадр буде розбитий на контрольні зразки, що в свою чергу збільшуватиме час обробки одного кадру. Тому задля економії часу, можна подібне розбиття накладати на окремі ділянки, з огляду на тип відео, наприклад, одним або декількома рядами крізь відеокадр, тим самим підвищуючи якість детектування не збільшуючи час обробки одного відеокадру.

Мета статті

Зважаючи на викладене, метою роботи є експериментальне дослідження методу детектування, щоб визначити, як змінюється якість захоплення чужорідних об'єктів на відео залежно від вибору розмірів контрольного зразка та площі покриття зразками відеокадру.

Виклад основного матеріалу. Для експерименту було обрано відео розміром 320×280 пікселів, отримане з БПС, з різними типами та розмірами цільових об'єктів на відеокадрах. На відео представлені типові текстури «трава», «кущі», «піщана дорога», та текстури типу «будівля», «авто», які будемо називати чужорідними.



Рис. 2. Чужорідні об'єкти на відеокдрах

У табл. 1 наведено розміри контрольних зразків, обраних для тестування

Таблиця 1

Типи контрольних зразків, що використовувалися під час тестування

Розміри зразка (пікселів)	Величина R (пікселів)	Відсоток покриття відеокдру одним зразком (%)
11×11	5	0,13
13×13	6	0,18
15×15	7	0,25
17×17	8	0,32
19×19	9	0,4
21×21	10	0,49
23×23	11	0,59
25×25	12	0,69
27×27	13	0,81
29×29	14	0,94

Попередньо на всіх кадрах відео було підраховано загальна кількість чужорідних об'єктів – A (рис. 2). Для кожного з типів контрольних зразків проводилось по 9-ть експериментів, з різною площею покриття відеокдру: 5%, 7%, 10%, 15%, 20%, 25%, 50%, 75%, 100%. Кількість захоплених об'єктів на відео A_R на кожному з експериментів характеризувала точність методу Δ :

$$\Delta_R = A_R / A,$$

а середній час обробки одного відеокдру T_R – швидкодію. Звідки кількість оброблених кадрів в секунду :

$$\nu = 1 / T_R.$$

Додатково фіксувалися показники обсягу використаної операційної пам'яті.

Під час експерименту було отримано результати по 10-ти типах контрольних зразків для 9-ти різних варіантів покриття зразками площини кадру. На основі проведеного аналізу виявлено, що загальні залежності точності ідентифікації від площі покриття контрольними зразками відеокдру для всіх варіантів однотипні. Для прикладу, наведемо в таблицях (табл. 2, 3) та на графіку (рис. 3) результати для контрольних зразків з $R=14$ та $R=9$ відповідно.

Виявлено:

- 1) точність Δ методу є близькою до 0% при 100% площі покриття в режимі реального часу (процедура не встигає обробляти інформацію);
- 2) зменшуючи площу покриття – збільшуємо швидкодію, що збільшує показники точності методу;
- 3) при малій площі покриття зразками, швидкодія методу є максимальною, проте точність падає, оскільки зростає ймовірність, що об'єкт не потрапить в межі контрольного зразка;
- 4) встановлено модель зміни Δ_R ідентифікації від площі покриття:

$$f(x) = \begin{cases} a + bx, & 0 \leq x \leq t, \\ c \cdot \exp(-\frac{x^d}{e}) + g, & t < x \leq 100. \end{cases} \quad (4)$$

- лінійно-експоненціальна модель з одним вузлом склеювання. В таблиці (табл. 4) наведено

значення коефіцієнтів для усіх типів зразків.

5) графіки для 10-ти типів контрольних зразків показали, що на рівні приблизно при $S = 17\%$ площі покриття точність методу досягає свого максимуму, та знаходиться на рівні $\Delta = 65\%$ захоплених чужорідних об'єктів.

Таблиця 2

Час обробки одного відеокcadру при різній площі покриття (для R=14)

Площа %	Середній час обробки відеокcadру T_R (с)	Кількість оброблених кадрів в с
100	0,698	1,4
75	0,526	1,9
50	0,361	2,8
25	0,201	5
20	0,165	6
15	0,138	7,2
10	0,110	9
7	0,1	10
5	0,091	11

Таблиця 3

Час обробки одного відеокcadру при різній площі покриття (для R=9)

Площа %	Середній час обробки відеокcadру T_R (с)	Кількість оброблених кадрів (с)
100	1,061	0,95
75	0,705	1,4
50	0,460	2
25	0,3	3,3
20	0,206	4,9
15	0,181	5,5
10	0,110	9
7	0,079	13
5	0,065	15

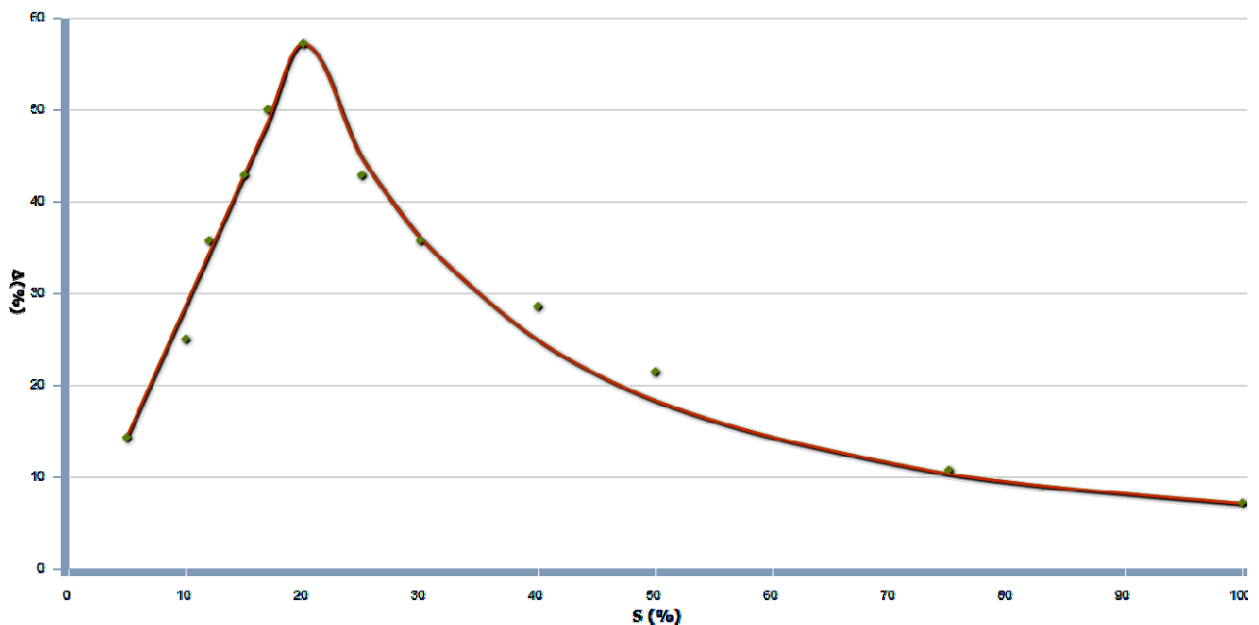


Рис. 3. Графік залежності Δ_R ідентифікації від площі покриття контрольними зразками відеокcadру R=14

Результати оцінки ресурсоемності методу подано на графіку (рис. 4), де зображено залежність швидкості зростання обсягу використаної пам'яті (мб/с) від розміру зразка (подані результати для 20% площі покриття зразками одного відеокcadру). Встановлено регресійну модель зміни швидкості зростання:

$$f(x) = (3 - 5 \exp(-\frac{x^{3/4}}{2})) / 1000. \quad (5)$$

Значення коефіцієнтів моделі (4) для усіх типів зразків

№	Величина R (пікселів)	a	c	d	e	g	t (площа покриття, при якій досягається максимальна якість захоплення)	f(t)
1	5	2.84	250	0.3	1.5	-13	15	42.66
2	6	3.34	250	0.4	2	-7	15	50.08
3	7	3.81	275	0.45	2.3	-6	15	57.19
4	8	4.28	280	0.5	2.7	-2.5	15	64.2
5	9	4.79	300	0.52	3	-5	15	71.78
6	10	4.55	300	0.51	2.8	-4.2	15	68.23
7	11	3.79	350	0.51	2.6	-4	17	64.48
8	12	3.57	400	0.51	2.3	-2.5	17	60.76
9	13	3.05	450	0.5	2.2	2	20	60.04
10	14	2.86	500	0.5	2	3.7	20	57.14

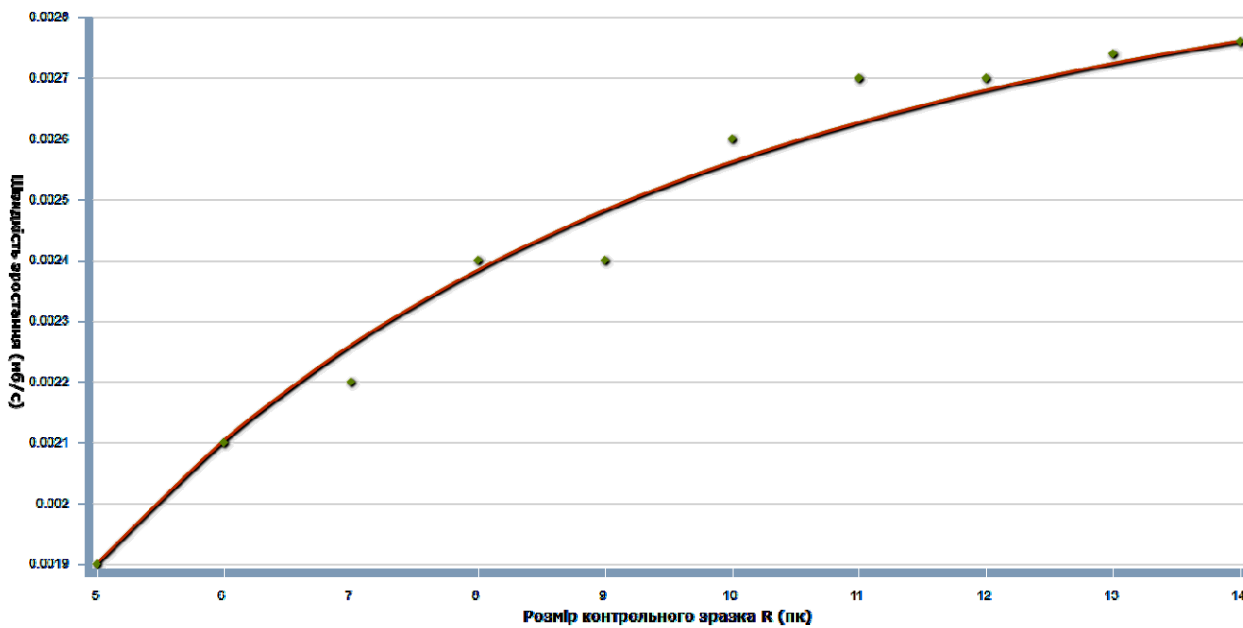


Рис. 4. Графік швидкість зростання обсягу використаної пам'яті (мб/с) для зразків з відстанню до центру R

У результаті аналізу виявлено, що по кожному з типів зразків, якість та кількість захоплених цільових об'єктів не залежала пропорційно від розміру зразків, але давала найвищі результати, при умові, що площа контрольного зразка максимально відповідає розмірам цільового об'єкта на відеокадрі. В свою чергу на розміри об'єктів можуть впливати такі фактори, як:

- тип цільового об'єкта (наприклад «авто», «будівля»);
- висота польоту БПС під час зйомки відео.

Проте виявлено залежність площі покриття від точності ідентифікації, та визначено рівень $S = 17\%$, що відповідає максимальній ідентифікації чужорідних об'єктів – близько $\Delta = 65\%$ від їх загальної кількості на відео.

Встановлено залежність збільшення обсягу використаної пам'яті системою (рис. 4) від розміру контрольного зразка: приріст обсягу пам'яті на кожній секунді відео більший при обробці контрольними зразками більшої площі. Даний факт зумовлено тим, що при меншій площі контрольного зразка можливість захоплення типової текстури для даного відео більша, тим самим прискорюється процес очищення: видалення з пам'яті зразків, що не являються цільовими об'єктами, проте вміщують декілька типових текстур.

Висновки

1. Якість захоплення цільового об'єкта на відео лінійно не залежить від розмірів контрольних зразків.
2. Існує залежність точності захоплення від вибору площі покриття зразками відеокадру. Встановлено модель зміни Δ_R ідентифікації від площі покриття (4). Для максимальної точності варто покривати відеокадр площею близько $S = 17\%$ (прогнозована точність 65%).
3. Для захоплення цільового об'єкта певного типу доцільно обирати розмір контрольних зразків в залежності від його прогнозованого розміру на відеокадрі.

4. Встановлено модель зміни (5) швидкості зростання від розміру контрольного зразка. З метою використання мінімального об'єму пам'яті, варто використовувати контрольні зразки найменшого розміру, але при цьому зразок має бути співрозмірний із площею об'єкта, що підлягає пошуку.

5. Виявлено доцільність модернізації процедури захоплення цілей, різних розмірів на одному відео: тобто, використання зразків різної площі для одного відеокдру. Також, такий підхід дасть можливість більшого накопичення типових текстур зразками малих розмірів та пришвидшить процес очищення зайвих зразків.

Література

1. Техническое зрение в системах управления мобильными объектами – 2010: Труды научно-технической конференции-семинара. – Вып. 4 / Под ред. Р. Р. Назирова. – М. : КДУ, 2011. – 328 с.
2. Reohix : Программа обнаружения движения «Rise Sun» [Электронный ресурс] / SOFTSOFT. – Режим доступа: <http://www.softsoft.ru/graphic-apps/screen-capture/56843.htm>
3. EyeLine Video Surveillance Software [Электронный ресурс] / NCH Software. – Режим доступа: <http://www.nchsoftware.com/surveillance/index.html>
4. WebCam Looker – Программа видеонаблюдения с детектором движения для вебкамер [Электронный ресурс] / FelenaSoft Company. – Режим доступа: <http://felenasoft.com/webcamlooker/ru/>
5. Функциональные возможности платформы TRASSIR [Электронный ресурс] / DSSL. – Режим доступа: <http://www.dssl.ru/possibility/#dvig>
6. Об интеллектуальных датчиках движения и детектировании целей в видеосervere [Электронный ресурс] / MagicBox. – Режим доступа: <http://magicbox.agrg.ru/analytics>
7. Приставка П.О. Математичне забезпечення розпізнавання та супроводу рухомого об'єкту в режимі реального часу для відео / П.О. Приставка, А.А. Рогатюк // Вісник НАУ. – 2013. – №2 (55). – С. 141-148.
8. Components of Information Technology Processing of Data Obtained from Unmanned Aerial Vehicle / Ph. Pristavka, A. Assaul, E. Nichikov, A. Rogatuk // Proceedings the Fifth World Congress “Aviation in the XXI century” “Safety in Aviation and Space Technologies” (September 25-27. – Kyiv, 2012. – Vol. 2. – P. 2.21-2.25.

References

1. Tehnicheskoe zrenie v sistemah upravleniya mobilnymi obektami – 2010: Trudy nauchno-tehnicheskoy konferencii-seminara. – Вып. 4 / Pod red. R. R. Nazirova. – М. : KDU, 2011. – 328 s.
2. Reohix: Programma obnaruzheniya dvizheniya «Rise Sun» [Elektronnyj resurs] / SOFTSOFT. – Rezhym dostupu: <http://www.softsoft.ru/graphic-apps/screen-capture/56843.htm>
3. EyeLine Video Surveillance Software [Elektronnyj resurs] / NCH Software. – Rezhym dostupu: <http://www.nchsoftware.com/surveillance/index.html>
4. WebCam Looker – Programma videonablyudeniya s detektorom dvizheniya dlya vebkamer [Elektronnyj resurs] / FelenaSoft Company. – Rezhym dostupu: <http://felenasoft.com/webcamlooker/ru/>
5. Funkcionalnye vozmozhnosti platformy TRASSIR [Elektronnyj resurs] / DSSL. – Rezhym dostupu: <http://www.dssl.ru/possibility/#dvig>
6. Ob intellektualnyh datchikah dvizheniya i detektirovaniy celej v videoservere [Elektronnyj resurs] / MagicBox. – Rezhym dostupu: <http://magicbox.agrg.ru/analytics>
7. Pristavka P.O., Rogatyuk A.A. Matematychne zabezpechennya rozpoznavannya ta suprovodu ruhomoogo obiekta v rezhymy realnogo chasu dlya video // Visnyk NAU. – 2013. – №2 (55). – S. 141-148.
8. Pristavka Ph., Assaul A., Nichikov E., Rogatuk A. Components of Information Technology Processing of Data Obtained from Unmanned Aerial Vehicle // Proceedings the Fifth World Congress “Aviation in the XXI century” “Safety in Aviation and Space Technologies” (September 25-27. – Kyiv, 2012. – Vol. 2. – P. 2.21-2.25.

Рецензія/Peer review : 29.9.2015 р.

Надрукована/Printed : 18.10.2015 р.