

4. Кротов К.В. Оптимизационная модель двухуровневого программирования построения расписаний групповой обработки / К.В. Кротов // Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2012. – Вып. 3 (43). – С. 172 - 182 .

Надійшла до редакції 28.01.2013 р.
Після доопрацювання 20.02.2013 р.

УДК 004.67:519.257

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ОШИБОК ВТОРОГО РОДА ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЙ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

К.Н. Маловик, И.А. Скатков

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

Описаны функциональная структура и алгоритмы работы инструментального средства для оценивания вероятности ошибок второго рода и зон распознавания при оценке состояний оборудования АЭС. Приведены алгоритм оценивания вероятности ошибок второго рода при оценке состояний оборудования АЭС, пример построения оценочной матрицы и выделения зон уверенного и неуверенного распознавания возмущающего воздействия на контролируемые параметры.

Введение

Принятие решений о техническом состоянии объектов критического применения (ОКП) в большинстве случаев производится в условиях недостаточной априорной информации о воздействии внешних факторов, малых объемов выборок наблюдаемых параметров. Известно [1], что имеющийся объем статистических данных таких объектов крайне ограничен. Во многих случаях для оценки состояния ОКП необходимо знать, являются ли контролируемые параметры ОКП однородными или имеется изменение свойств ОКП.

Одной из основных задач статистического исследования ОКП является оценка статистической однородности выборок. Если выборки однородны, то считают, что они извлечены из одной и той же генеральной совокупности и, следовательно, имеют одинаковые, причем неизвестные, непрерывные функции распределения $F_1(x)$ и $F_2(x)$.

Постановка задачи научного исследования

При исследовании мощности воздействия влияющих факторов на ОКП предлагается сформулировать и проверять гипотезу H_0 – «вектор контролируемых параметров не меняет закона распределения». Таким образом, нулевая (основная) гипотеза состоит в том, что при всех значениях аргумента (обозначим его через x) функции распределения равны между собой: $F_1(x) = F_2(x)$. В случае принятия гипотезы H_0 следует вывод об отсутствии воздействия влияющих факторов или его незначительности.

Конкуруючої є гіпотеза H_1 – «вектор контролюємих параметрів змінює закон розподілення, $F_1(x) \neq F_2(x)$ ».

Конкуруюча гіпотеза H_1 приймається в разі небезпечного впливу впливаючих факторів. В розглядаємих разі H_0 і H_1 – прості, непараметричні гіпотези, то є повністю визначають все множество параметрів розподілення випадкової величини і не залежать від виду функції розподілення.

Поэтому для обробки експлуатаційної інформації в таких умовах необхідно використання непараметричних статистических критеріїв. Однак рішення, збутоє з допомогою непараметричесеских критеріїв, носить стохастический характер, а значить, має місце ризик помилки. Крім того, дослідження, проведенні в [2], показали, що однозначного відповіта на запитання вибору критерію, збутоєго максимальною потужністю, немає і потужність критеріїв нелінійно змінюється під впливом різних факторів, таких як об'єм вибірок, вид функції розподілення і значення її параметрів, тип і величина впливаючих факторів, які змінюють властивості генеральної сукупності.

В теорії прийняття рішень вихідною інформацією є оціночний функціонал або оціночна матриця $F = \{f_{ij}\}$, характеризуюча виграти або програш при прийнятті рішення i , якщо середина знаходиться в стані j [3]. В роботі [4] пропонується при формуванні оціночної матриці в якості оціночної характеристики використовувати ймовірність помилки другого роду, в якості стану середина і рішення прийняти потужність впливу на контролюємих параметр і об'єм вибірки.

При побудові оціночних матриць необхідно дослідити потужність статистических критеріїв для вибірок випадкових величин з апріорно відомим рівнем збурюючого впливу. В таблиці збутоєний приклад оціночної матриці, де рядки відповідають об'ємам вибірок n від 5 до 20, стовпці – величині збурюючого впливу (зсув математического очікування другої випадкової величини $\Delta m \in [-0.2, 0.2]$). Число експериментів в кожній серії $k = 50$. Для кожної серії експериментів визначалась ймовірність допущення помилок другого роду $P(H_0 | H_1)$. Випадкові величини розподілені по нормальному закону розподілення з параметрами $\sigma^2 = 0.1$ [4].

Т а б л и ц я

Значення ймовірності помилок другого роду

$n \setminus \Delta m$	-0,2	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15	0,2
5	0	0	0	0,02	0,12	0,04	0,02	0,06	0
6	0	0	0	0,04	0,14	0,28	0,12	0,04	0,02
7	0	0	0	0,16	0,42	0,36	0,26	0,06	0
8	0	0	0,08	0,32	0,74	0,46	0,24	0,1	0,04
...									
17	0	0,1	0,7	0,96	0,9	0,76	0,64	0,42	0,16
18	0	0,28	0,8	1	1	0,82	0,64	0,54	0,22
19	0,02	0,34	0,84	1	1	0,94	0,78	0,52	0,24
20	0,02	0,32	0,88	0,94	0,98	0,9	0,66	0,44	0,16

Основные результаты

Для исследования вероятности ошибок второго рода $P(H_0 | H_1)$ при оценке состояний ОКП разработано инструментальное средство, которое позволяет провести в автоматизированном режиме совокупность экспериментов при различных сочетаниях параметров статистического моделирования. На основе результатов моделирования строится оценочная матрица.

Основой инструментального средства является программа, представляющая собой исполняемый файл, работающий в любой Microsoft Windows NT совместимой системе. Программа не требует для своего функционирования инсталляции, наличия дополнительных библиотек, конфигурационных файлов, файлов ресурсов, записей в системный реестр и может быть запущена из любого носителя. Для создания программы с учетом рекомендаций работы [5] использовалась среда Borland Delphi 7.0. При разработке инструментального средства частично используются алгоритмические и программные решения, представленные в работе [2]:

- алгоритмы расчета частот принятия гипотез;
- алгоритмы расчета непараметрических критериев;
- алгоритмы расчетов критических значений непараметрических критериев;
- процедуры генерации случайных чисел с заданными законами распределения (нормальное и гамма распределение).

Разработанная программа циклически проводит серии экспериментов по принятию решения об однородности выборок. Закон распределения выборок, диапазон объемов, возмущаемый параметр, диапазон и шаг возмущения задаются пользователем. Задача оценивания вероятности ошибки второго рода решается по следующему алгоритму (рис. 1), где обозначено:

- $p, p_{\min} \dots p_{\max}$ – возмущаемый параметр закона распределения и диапазон его изменения;
- h – шаг изменения возмущаемого параметра;
- $n, n_{\min} \dots n_{\max}$ – объем выборки и диапазон его изменения (n также применяется как параметр цикла);
- k – число повторений экспериментов для одного набора параметров;
- kl – количество принятий гипотезы H_0 для одного набора параметров;
- i, j – параметры циклов.

По результатам проведенной серии экспериментов строится оценочная матрица, аналогично таблице.

Программа имеет главное окно (рис. 2), в котором задаются параметры проведения серий экспериментов и окно вывода результатов, которое отображается в модальном режиме.

Главное окно программы содержит следующие интерфейсные элементы:

- панель выбора типа распределения;
- поля ввода значений параметров распределения;
- панель выбора критерия;
- панель выбора сдвигаемого параметра;
- поля ввода диапазона и шага изменения сдвига параметра;
- поля ввода минимального и максимального объема выборок;
- поле ввода числа повторений экспериментов для каждого элемента оценочной матрицы;
- кнопку запуска проведения серий экспериментов;
- индикатор выполнения процесса.

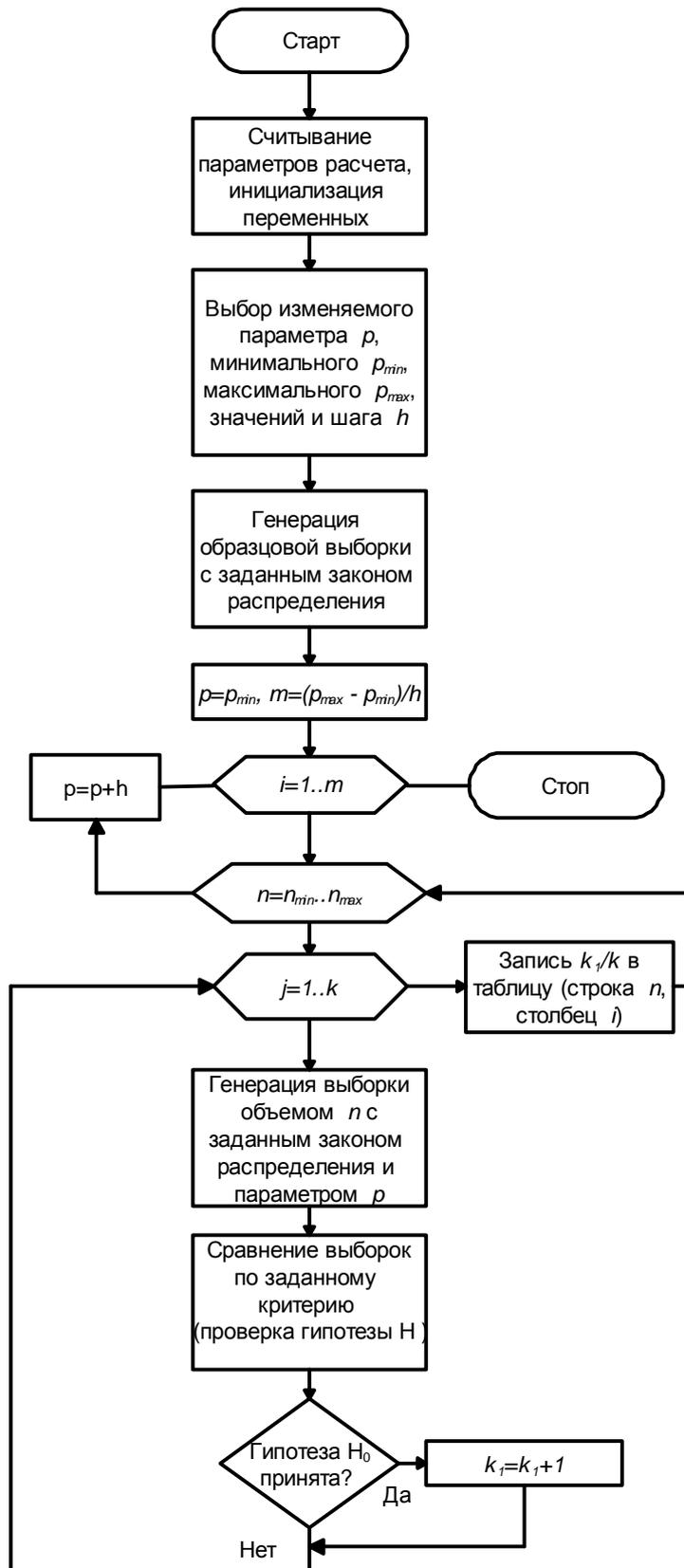


Рис. 1. Алгоритм оценивания вероятности ошибок второго рода

Рис. 2. Главная форма программы оценивания вероятности ошибок второго рода при оценке состояний объектов критического применения

Окно выводов результатов работы программы имеет многостраничную панель с тремя вкладками, на которых результаты представляются в виде таблицы (см. рис. 2), трехмерной поверхности (рис. 3) и зон уверенного и неуверенного распознавания возмущающего воздействия (рис. 4). Зона уверенного распознавания – это зона, в которой частота распознавания возмущающего воздействия находится в интервале $(0.95, 1]$. Зона неуверенного распознавания находится в интервале $(0.8, 0.95]$. Зоны уверенного и неуверенного распознавания отмечены оранжевым и синим цветом соответственно.

Таблица	Поврежденность	Контроль	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
10	0.742	0.746	0.772	0.818	0.732	0.824	0.836	0.828	0.842	0.842	0.802	0.766	0.764	
11	0.738	0.752	0.758	0.818	0.812	0.838	0.860	0.854	0.858	0.834	0.782	0.782	0.744	
12	0.802	0.758	0.828	0.876	0.860	0.860	0.842	0.878	0.860	0.874	0.854	0.788		
13	0.824	0.852	0.844	0.860	0.884	0.884	0.850	0.872	0.906	0.822	0.876	0.886		
14	0.816	0.848	0.834	0.856	0.880	0.854	0.916	0.882	0.924	0.912	0.864	0.854		
15	0.780	0.848	0.876	0.858	0.920	0.896	0.938	0.932	0.934	0.926	0.878	0.818		
16	0.786	0.874	0.824	0.882	0.920	0.908	0.952	0.944	0.900	0.936	0.916	0.862		
17	0.814	0.814	0.886	0.884	0.916	0.920	0.900	0.966	0.954	0.958	0.914	0.886		
18	0.832	0.852	0.878	0.904	0.882	0.918	0.920	0.940	0.944	0.966	0.902	0.908		
19	0.832	0.882	0.882	0.908	0.930	0.882	0.932	0.968	0.946	0.954	0.950	0.906		
20	0.776	0.844	0.888	0.876	0.936	0.916	0.948	0.930	0.952	0.946	0.904	0.888		
21	0.760	0.846	0.882	0.884	0.910	0.930	0.932	0.950	0.938	0.948	0.904	0.778		
22	0.778	0.834	0.876	0.902	0.940	0.908	0.934	0.948	0.946	0.940	0.912	0.810		
23	0.724	0.834	0.896	0.902	0.904	0.948	0.960	0.928	0.958	0.962	0.832	0.828		
24	0.686	0.760	0.888	0.912	0.906	0.926	0.944	0.954	0.968	0.960	0.854	0.716		
25	0.680	0.822	0.844	0.880	0.924	0.932	0.946	0.962	0.974	0.920	0.850	0.730		
26	0.626	0.742	0.866	0.914	0.922	0.942	0.930	0.952	0.968	0.912	0.814	0.656		
27	0.536	0.742	0.836	0.920	0.932	0.940	0.940	0.948	0.936	0.912	0.806	0.578		
28	0.488	0.678	0.824	0.872	0.946	0.946	0.956	0.958	0.960	0.914	0.732	0.570		
29	0.480	0.674	0.848	0.916	0.924	0.946	0.942	0.974	0.946	0.908	0.774	0.542		
30	0.464	0.646	0.816	0.904	0.930	0.958	0.956	0.954	0.942	0.886	0.732	0.510		

Рис. 3. Окно результатов работы программы оценивания вероятности ошибок второго рода при оценке состояний ОКП (вкладка «Таблица»)

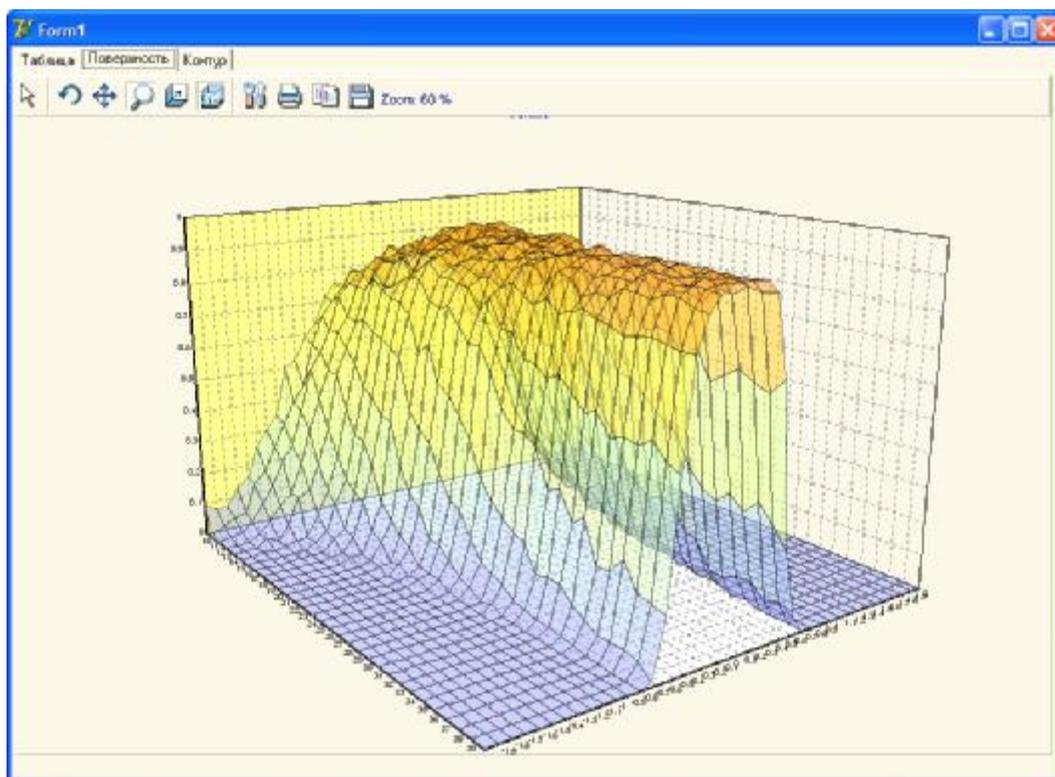


Рис. 4. Окно результатов работы программы оценивания вероятности ошибок второго рода при оценке состояний ОКП (вкладка «Поверхность»)

В верхней части графиков находится панель инструментов, позволяющая производить сдвиг, поворот, масштабирование, настройку цветов, печать и сохранение изображения.

Из-за недостаточного числа экспериментов поверхность и зоны распознавания имеют значительную зашумленность, которую удалось снизить применением сглаживания одноканальным медианным фильтром апертурой 3×3 элемента [6].

Приведем пример решения задачи построения оценочной матрицы и выделим зоны уверенного распознавания возмущающего воздействия для стандартного нормального закона распределения:

- используемый непараметрический критерий – критерий Смирнова;
- возмущаемый параметр – математическое ожидание;
- величина сдвига ± 2 с шагом 0.2;
- оцениваемые объемы выборок – от 10 до 40;
- $k = 100$.

Для решения задачи заполняем указанными значениями главное окно программы и нажимаем кнопку «Пуск». Решение задачи занимает значительное время (в зависимости от производительности компьютера от 30 с до 2 мин). Всего проводится 60000 экспериментов ($30 \times 100 \times 20$), каждый из которых предусматривает ряд процессов, обладающих значительной вычислительной трудоемкостью. После окончания расчетов открывается форма вывода результатов (рис. 3 – 5).

По результатам приведенного примера можно сделать следующее заключение: при исследовании на однородность с помощью критерия Смирнова выборок случайных величин, распределенных по нормальному закону, при малых объемах выборок (до 15)

возможны ошибки в распознавании возмущающего воздействия даже при значительных значениях сдвига математического ожидания (± 1.5), при увеличении объема выборок величина определяемого сдвига снижается, при объеме выборки более 35 с высокой достоверностью определяется сдвиг ± 0.8 .

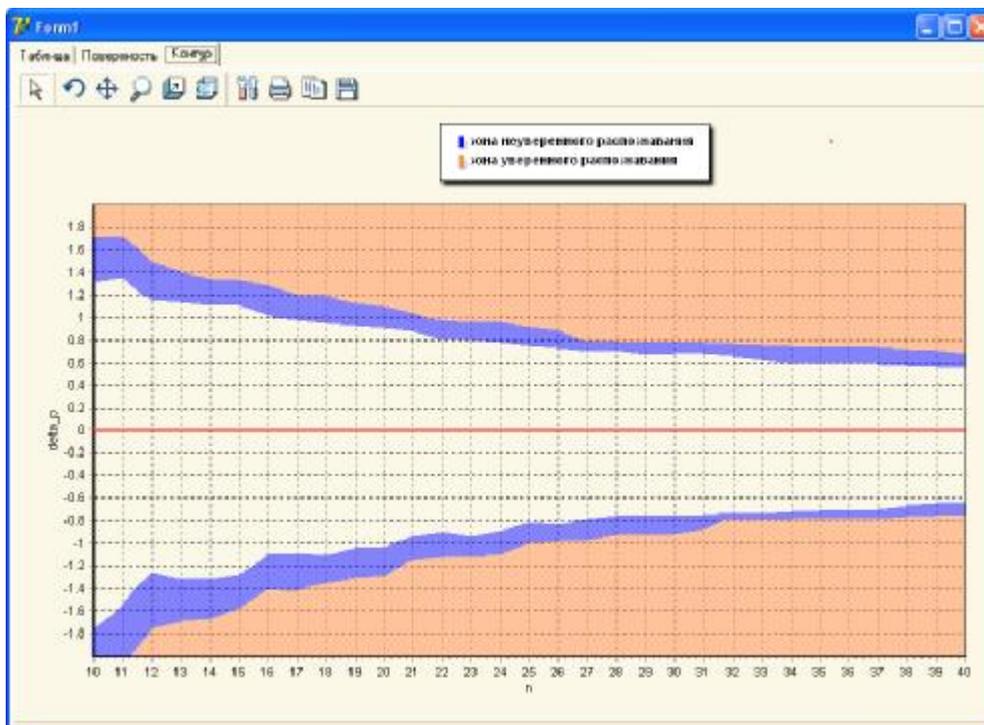


Рис. 5. Окно результатов работы программы оценивания вероятности ошибок второго рода при оценке состояний ОКП (вкладка «Контур»)

Выводы

Создано инструментальное средство для оценивания вероятности ошибок второго рода при определении состояний оборудования АЭС, обладающее следующими особенностями:

- наличием широких возможностей постановки экспериментов для различных диапазонов объемов выборок и величин возмущающего фактора, законов распределения и применяемых непараметрических критериев;
- исследованием влияния возмущающего воздействия на любой параметр закона распределения;
- многообразием вариантов вывода и сохранения результатов.

Предложения:

1. Разработанное инструментальное средство представляет собой научную и практическую ценность для исследования применимости непараметрических критериев для предупреждения отказов объектов критического применения. Целесообразно дальнейшее использование полученных результатов для стандартизации указанных программных средств.

2. В качестве одного из направлений дальнейшего развития программы может быть рекомендована оптимизация алгоритма, в частности, применение современных быстродействующих алгоритмов сортировки.

ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЙМОВІРНОСТІ ПОМИЛОК ДРУГОГО РОДУ ПРИ ОЦІНЦІ СТАНІВ УСТАТКУВАННЯ АЕС

К.М. Маловик, І.О. Скатков

Описана функціональна структура й алгоритми роботи інструментального засобу для оцінювання ймовірності помилок другого роду і зон розпізнавання при оцінці станів устаткування АЕС. Приведені алгоритм оцінювання ймовірності помилок другого роду при оцінці станів устаткування АЕС, приклад побудови оцінної матриці та виділення зон упевненого і невпевненого розпізнавання збурювального діяння на контрольовані параметри.

INSTRUMENT for the TYPE 2 ERRORS PROBABILITY EVALUATION in the PROCESS of the NPP' EQUIPMENT STATES DETERMINATION

K. Malovik, I. Skatkov

The functional structure and instrument work algorithms for the type 2 errors probability and identification zones estimation in the process of NPP' equipment states determination has been described. The type 2 errors probability evaluation algorithm in the process of NPP' equipment states determination, an valuation arraying example and zones selection of sure and uncertain identification of the disturbing influence on the controlled parameters have been cited.

Список использованных источников

1. Маловик К.Н. Анализ ограниченной информации о надежности непараметрических критериев / К.Н. Маловик, Ю.И. Новикова // Нові технології: Наук. вісник КУЕІТУ – 2011. – № 3 (33). – С.94 - 102.
2. Маловик К.Н. Инструментальное средство для оценивания эффективности непараметрических критериев / К.Н. Маловик, И.А. Скатков // Информатика: сб. науч. тр. – Севастополь: СевНТУ, 2012. – Вып. 131. – С. 7 - 13.
3. Трухаев Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности / Р.И. Трухаев. – М.: Наука, 1981. – 258 с.
4. Информационные технологии для критических инфраструктур: моногр. / Под ред. А.В. Скаткова. – Севастополь: СевНТУ, 2012. – 306 с.
5. Бен-Ари М. Языки программирования. Практический сравнительный анализ / М. Бен-Ари. – М.: Мир. – 366 с.
6. Сойфер В.А. Компьютерная обработка изображений. – Ч. 2. Методы и алгоритмы / В.А. Сойфер // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 3. – С. 110 - 121.

Надійшла до редакції 25.02.2013 р.