

*РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АЛГОРИТМА РОЙСТОНА
В СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ MATLAB*

А.В. НЕСТЕРОВ, С.В. НЕСТЕРОВ, Д.А. КОЗАК

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: briefkasten129@rambler.ru*

Исследован алгоритм Ройстона как математическое обеспечение проверки отклонения распределения вероятностей эмпирических данных от нормального распределения. Разработано соответствующее программное обеспечение (ПО) на базе системы компьютерной математики (СКМ) MATLAB и его пакета расширения Statistics Toolbox. Особое внимание уделено автоматизации расчёта статистики критерия Ройстона. Работоспособность предложенного ПО подтверждена экспериментально при решении тестовой задачи.

Ключевые слова: гипотеза нормальности эмпирических данных, критерий Шапиро-Уилка, алгоритм Ройстона, критерий Ройстона, автоматизация вычислений.

Критерий Ройстона является одним из инструментов проверки отклонения распределения вероятностей от нормального распределения [1]. Положительная оценка его эффективности в сравнении с подобными ему критериями Шапиро-Уилка, Эппса-Палли и другими дана проф. Б.Ю. Лемешко [2]. В основу оценки положена мощность критериев. По этому показателю в иерархической последовательности критерий Ройстона занимает место между критериями Эппса-Палли и Шапиро-Уилка. Но в то же время отличается от них отсутствием операций, исключающих или затрудняющих его автоматическое выполнение. Последнее зависит не только от вычислительного алгоритма, но и от ПО. Разработке такого ПО, реализующего алгоритм Ройстона в СКМ MATLAB, посвящена настоящая работа.

Автоматизация любых вычислительных алгоритмов сталкивается с необходимостью обращения к статистическим таблицам. Эта проблема тщательно исследована при разработке ПО проверки гипотезы нормальности по критерию Эппса-Палли [3-10] и критерию Шапиро-Уилка [4, 5, 10-15]. В первом случае достигнута половина желаемого результата - автоматизирован только расчёт статистики критерия Эппса-Палли T_{EP} [3-10]. Проверку гипотезы

необходимо осуществлять по-прежнему вручную по таблицам. Во втором случае проверка производится автоматически, но ценой замены точного значения W -статистики критерия Шапиро-Уилка приближённым W' [4, 5, 10-15]. Роль таблиц при этом выполняют аппроксимирующие зависимости. В указанных работах использована разработка К.А. Казакиявичуса. Вопрос эффективности (точности) аппроксимаций исследовал П. Ройстон (см. табл.1 [1]). Им предложен алгоритм, лишённый недостатка, который назван выше.

Подтвердить эффективность критерия Ройстона может решение тестовой задачи, в качестве которой принят пример из [16]. Исходные данные содержат неупорядоченную случайную выборку из десяти наблюдений ($n = 10$)

$$Y_i = 474 \ 303 \ 461 \ 457 \ 583 \ 469 \ 406 \ 515 \ 338 \ 489.$$

Проверяется нулевая гипотеза H_0 : подчиняется ли генеральная совокупность данных, из которых отобрана указанная выборка Y_i , нормальному закону распределения вероятностей. Для этого необходимо [1, 2]:

- 1) рассчитать W -статистику критерия Ройстона;
- 2) рассчитать доверительную вероятность p ;
- 3) выбрать уровень значимости α (обычно $\alpha = 0,05$);
- 4) сравнить между собой p и α ; если $p \leq \alpha$, то нулевую гипотезу о нормальном распределении можно отклонить.

Отметим, что алгоритм Ройстона предназначен для анализа порядковых статистик. Поэтому исходную выборку Y_i до начала расчёта необходимо упорядочить (отсортировать), получив в итоге вариационный ряд Y_k .

Статистика критерия Ройстона

$$W = \frac{\left(\sum_{k=1}^n a_i y_k \right)^2}{\sum_{k=1}^n (y_k - Y_{\text{cp}})^2}$$

где $a_i = (a_1, a_2, \dots, a_n)^T$; $y_k = (y_1, y_2, \dots, y_n)$; $Y_{\text{ср}}$ – среднее значение выборки.

Неизвестные коэффициенты a_i образуют три условные группы a_1 и a_2 , a_3 , a_4 , ..., a_{n-2} , а также a_{n-1} и a_n . Согласно алгоритму Ройстона их рассчитывают в следующей последовательности:

1) среднее значение $Y_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k$;

2) элементы множества Блома $\tilde{m}_i = \Phi^{-1}\left(\frac{i-3/8}{n+1/4}\right)$, где Φ^{-1} – обратная

функция распределения стандартного нормального закона;

3) весовые коэффициенты $c_i = (\tilde{m}^T \tilde{m})^{-1/2} \tilde{m}_i$;

4) коэффициент $u = 1/\sqrt{n}$;

5) коэффициенты a_n и a_{n-1} :

$$a_n = -2,706056u^5 + 4,434685u^4 - 2,071190u^3 - 0,147981u^2 + 0,221157u + c_n;$$

$$a_{n-1} = -3,582633u^5 + 5,682633u^4 - 1,752461u^3 - 0,293762u^2 + 0,042981u + c_{n-1}$$

;

6) нормализующий коэффициент $e = \frac{\tilde{m}^T m - 2\tilde{m}_n^2 - 2\tilde{m}_{n-1}^2}{1 - 2a_n^2 - 2a_{n-1}^2}$;

7) коэффициенты a_3, a_4, \dots, a_{n-2}

$$\tilde{a}_k = e^{-1/2} \tilde{m}_i, (k = 3, 4, \dots, n - 2)$$

9) "недостающие" в последовательности a_i коэффициенты a_1 и a_2

$$a_1 = -a_n; \quad a_2 = -a_{n-1},$$

так как $a_i = -a_{n-i+1}$.

С вычислительной точки зрения рассмотренная процедура не требует никаких комментариев. Ниже приведено соответствующее ПО, реализующее в три этапа алгоритм Ройстона в режиме командной строки MATLAB. Script 1 разработан для ввода исходных неупорядоченных данных y_i и расчёта

коэффициентов a_i . Из-за слабости текстового редактора MATLAB коэффициенты a_n и a_{n-1} обозначены соответственно an и ann .

SCRIPT 1:

```

Yi=[474 303 461 457 583 469 406 515 338 489];

Yk=sort(Yi);

Ycp=mean(Yk);

n=length(Yk);

i=1:n;

mi=[norminv((i-3/8)/(n+1/4)];

c=[mi./sqrt(mi*mi')];

u=n^(-1/2);

an=-2.706056*u^5+4.434685*u^4-2.071190*u^3-0.147981*u^2+0.221157*u+c(n);

ann=-3.582633*u^5+5.682633*u^4-1.752461*u^3-0.293762*u^2+0.042981*u+c(n-1);

e=( mi*mi'-2*mi(n)^2-2*mi(n-1)^2)/(1-2*an^2-2*ann^2);

k=3:n-2;

a=e^(-1/2).*mi(k);

ai=[-an -ann a ann an]

ai=

-0.5737 -0.3290 -0.2143 -0.1228 -0.0401 0.0401 0.1228 0.2143 0.3290 0.5737

```

На втором этапе согласно Script 2 производится вычисление W -статистики.

SCRIPT 2:

```

b=sum(ai.*Yk);

SS=sum((Yk-Ycp).^2);

W=b^2/SS

```

$W =$

0.9427

На последнем этапе для оценки значимости W -статистики в расчёт вводится случайная величина $\ln(1 - W)$, которая приближённо нормально распределена со средним μ

$$\mu = 0,0038915(\ln n)^3 - 0,083751(\ln n)^2 - 0,31082 \ln n - 1,5861$$

и стандартным отклонением σ

$$\sigma = \exp(0,0030302(\ln n)^2 - 0,082676 \ln n - 0,4803).$$

Далее, используя нормализующее преобразование

$$z = \frac{\ln(1 - W) - \mu}{\sigma},$$

рассчитывают доверительную вероятность

$$p = 1 - \Phi(z),$$

которую сравнивают с принятым уровнем значимости α (обычно $\alpha = 0,05$). Если $p \leq \alpha$, то нулевую гипотезу о нормальном распределении можно отклонить. Script 3 реализует последний этап алгоритма Ройстона.

SCRIPT 3:

```
mu=0.0038915*(log(n))^3-0.083751*(log(n))^2-0.31082*log(n)-1.5861;
```

```
sigma=exp(0.0030302*(log(n))^2-0.082676*log(n)-0.4803);
```

```
z=(log(1-W)-mu)/sigma;
```

```
p=1-normcdf(z)
```

```
p=
```

```
0.6214
```

В результате расчёта в MATLAB получены искомые значения статистики критерия Ройстона $W = 0,9427$ (см. Script 2) и доверительной вероятности $p = 0,6214$ (см. Script 3). Следовательно, гипотеза нормального распределения принимается на уровне значимости $\alpha = 0,05$, т.к. $p = 0,6214 > 0,05$.

Полученный результат совпадает с выводом, сделанным в оригинале [16] при решении примера с помощью критерия Шапиро-Уилка, W -статистика которого вычислена вручную. Однако, для оценки разработанного ПО простого совпадения статистических выводов недостаточно. Важными считаются его вычислительные аспекты. Поэтому тестовая задача решена ещё раз в профессиональной статистической системе STATISTICA, рассматриваемой условно как образец ПО. С помощью опции "критерий Шапиро-Уилка" получены следующие значения статистик $W = 0,92468$ и $p = 0,58315$. Очевидно, что они не отличаются от рассчитанных в MATLAB. Это значит, что предложенное ПО не уступает в точности и полноте автоматизации расчёта профессиональному ПО. Достигнутое равенство объяснимо тем, что в STATISTICA под названием "критерий Шапиро-Уилка" используется критерий Ройстона. Об этом сообщает инструкция пользователя. Продолжая сравнение двух систем в части автоматизации, отметим, что возможности STATISTICA полностью исчерпаны. Напротив, MATLAB, созданный как открытая система, позволяет достичь большего. В частности, с учётом его способности к интеграции со SCADA-системами, можно автоматизировать ввод данных [17-19]. Ощутимый эффект это даст при оценке качества продукции статистическими методами [3-15], поскольку алгоритм Ройстона допускает анализ больших выборок ($n \leq 2000$) [1, 2]. Кроме того, СКМ MATLAB, как математическая система, поддерживает не только статистические методы, но и методы теории автоматического управления, которые в отдельных случаях также необходимы для анализа эмпирических данных [20]. Однако, это выходит за рамки поставленных задач.

Таким образом, поставленные в начале статьи цели достигнуты. Обоснована необходимость автоматизации проверки гипотезы нормальности

эмпирических данных. Показана решающая роль в этом алгоритма Ройстона. Разработано соответствующее ПО. Работоспособность последнего проверена экспериментально.

ЛИТЕРАТУРА

1. Royston P. Approximating the Shapiro-Wilk W-test for non-normality. – *Statistics and Computing*, 1992. – Vol. 2. – Issue 3. – pp. 117-119.

2. Лемешко Б.Ю. Критерии проверки отклонения распределения от нормального закона. Руководство к применению. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 160 с.

3. Нестеров А.В., Нестеров С.В., Нестерова Д.А. К статистической оценке качества пищевых продуктов // Перспективные технологии производства продукции из сырья животного и растительного происхождения: Матер. междунар. науч.-техн. Интернет-конф. – Краснодар: ФГБОУ ВПО "КубГТУ", 2013. – С. 116-119.

4. Нестеров А.В., Нестеров С.В. О вычислительных особенностях оценки качества продукции хлебопекарного и кондитерского производства статистическими методами в системе компьютерной математики MATLAB // Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века: Матер. III Междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар: Изд. ФГБОУ ВПО "КубГТУ", 2013. – С. 124-128.

5. Нестеров А.В., Нестеров С.В., Нестерова Д.А. К оценке качества продукции статистическими методами в системе компьютерной математики MATLAB // Управление качеством: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – М.: Изд. ун-та Машиностроения, 2013. – С. 51-56.

6. Козак Д.А., Нестеров С.В., Нестеров А.В. Проверка нормальности распределения эмпирических данных по критерию Эпса-Палли в MATLAB // 64-я междунар. студенческая науч.-техн. конф., посвященная 20-летию Астрахан. гос. техн. ун-та [Электронный ресурс]: матер. / Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2014.

7. Нестеров А.В., Нестеров С.В. О статистическом анализе данных в системе MATLAB при оценке безопасности мясных и рыбных продуктов // Современные проблемы качества и безопасности продуктов питания в свете требований технического регламента таможенного союза: сб. матер. междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Краснодар: изд. КубГТУ, 2014. – С. 133-135.

8. Нестеров А.В., Нестеров С.В. О статистическом анализе эмпирических данных в системе Matlab при контроле показателей качества товарной нефти // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля – 2014: матер. Междунар. науч.-методич. конф. – Уфа: РИЦ УГНТУ, 2014. – С 185-187.

9. Нестеров А.В., Нестеров С.В. Об особенностях статистической оценки безопасности пищевых продуктов средствами MATLAB: Современные проблемы здорового питания. Инновации и традиции: сб. стат. и докл. междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул: Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова, 2014. – С. 12-14.

10. Нестеров А.В., Нестеров С.В., Козак Д.А. К проверке отклонения распределения вероятностей от нормального распределения в системе компьютерной математики MATLAB // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – Краснодар: КубГТУ, 2015, № 6. – 31 с. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/471>.

11. Нестеров А.В., Нестеров С.В. Об информационном аспекте применения системы MATLAB для расчета типовых статистик // Информатика: проблемы, методология, технологии: Матер. XIII Междунар. науч.-метод. конф. Т. 2. – Воронеж: ИПЦ Воронеж. гос. ун-та, 2013. – С. 427-430.

12. Нестеров А.В., Нестеров С.В. Проверка нормальности распределения эмпирических данных по критерию Шапиро-Уилка в Matlab // Инновации в технологиях и образовании: сб. ст. участников VI Междунар. науч.-практ. конф. «Инновации в технологиях и образовании»: в 4 частях. – Ч. 2. – Белово: Изд-во филиала КузГТУ в г. Белово, Россия; Изд-во ун-та «Св. Кирилла и Св. Мефодия», Велико Тырново, Болгария, 2013. – С. 211-214.

13. Нестеров А.В., Нестеров С.В. Статистический анализ случайных отклонений технологических параметров бурения нефтяных и газовых скважин // Нефть и газ Западной Сибири: материалы междунар. науч.-техн. конф. Т. 2. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – С. 28-31.

14. Нестеров А.В., Нестеров С.В. О вычислительных особенностях статистического анализа данных в системе MATLAB при контроле качества продуктов питания // Инновации в индустрии питания и сервисе: Электронный сб. матер. I Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 30-летию кафедры технологии и организации питания. – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2014. – С. 188-190.

15. Козак Д.А., Нестеров А.В., Нестеров С.В. Об использовании статистических методов оценки безопасности пищевых продуктов и сырья на предприятиях агропромышленного комплекса // Инновационные технологии в сфере питания, сервиса и торговли: Матер. очно-заочной науч.-практ. конф. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2014. – С. 192-195.

16. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах. – М.: Мир, 1969. – 395 с.

17. Нестеров А.В., Нестеров С.В., Пожидаев Н.В., Чередниченко А.В. Идентификация промышленных объектов регулирования с помощью SCADA-системы OWEN PROCESS MANAGER. Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар, 2006. – 11 с. – Деп. в ВИНТИ 28.12.2006, № 1638-B2006.

18. Нестеров А.В., Нестеров С.В., Пожидаев Н.В., Чередниченко А.В. О возможности идентификации промышленных объектов управления в SCADA-системах // Электроэнергетические комплексы и системы: Матер. междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар: КубГТУ, 2006. – С. 120.

19. Нестеров А.В., Нестеров С.В. Повышение эффективности SCADA-системы OWEN PROCESS MANAGER путем интеграции с системами компьютерной математики // Мировые проблемы развития машиностроительных предприятий: Сб. науч. ст. междунар. науч.-практ. конф. – филиал ФГБОУ ВПО «МГИУ» в г. Вязьме. – Вязьма, 2014. – С. 102-107.

20. Нестеров А.В., Нестеров С.В. Теория автоматического управления. – Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2006. – 191 с.

21. Нестеров А.В., Нестеров А.В., Нестерова Д.А. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения по критерию Шапиро-Уилка в MATLAB // Некоторые вопросы математики и ее приложений: Сб. науч. тр. / под ред. Е.М. Малек. Вып. 1. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – С. 41-45.

REFERENCES

1. Royston P. Approximating the Shapiro-Wilk W-test for non-normality. – Statistics and Computing, 1992. – Vol. 2. – Issue 3. – pp. 117-119.

2. Lemeshko B.Ju. Kriterii proverki odklonenija raspredelenija ot normal'nogo zakona. Rukovodstvo k primeneniju. – M.: NIC INFRA-M, 2015. – 160 s.

3. Nesterov A.V., Nesterov S.V., Nesterova D.A. K statisticheskoj ocenke kachestva pishhevych produktov // Perspektivnye tehnologii proizvodstva produkcii iz syr'ja zhivotnogo i rastitel'nogo proishozhdenija: Mater. mezhdunar. nauch.-tehn. Internet-konf. – Krasnodar: FGBOU VPO "KubGTU", 2013. – S. 116-119.

4. Nesterov A.V., Nesterov S.V. O vychislitel'nyh osobennostjah ocenki kachestva produkcii hlebopekarnogo i konditerskogo proizvodstva statisticheskimi metodami v sisteme komp'yuternoj matematiki MATLAB // Hlebobulochnye, konditerskie i makaronnye izdelija XXI veka: Mater. III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Krasnodar: Izd. FGBOU VPO "KubGTU", 2013. – S. 124-128.

5. Nesterov A.V., Nesterov S.V., Nesterova D.A. K ocenke kachestva produkcii statisticheskimi metodami v sisteme komp'yuternoj matematiki MATLAB // Upravlenie kachestvom: mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – M.: Izd. un-ta Mashinostroenija, 2013. – S. 51-56.

6. Kozak D.A., Nesterov S.V., Nesterov A.V. Proverka normal'nosti raspredelenija jempiricheskikh dannyh po kriteriju Epps-Pally v MATLAB // 64-ja mezhdunar. studencheskaja nauch.-tehn. konf., posvjashhennaja 20-letiju Astrahan. gos. tehn. un-ta [Jelektronnyj resurs]: mater. / Astrahan. gos. tehn. un-t. – Astrahan': Izd-vo AGTU, 2014.

7. Nesterov A.V., Nesterov S.V. O statisticheskom analize dannyh v sisteme MATLAB pri ocenke bezopasnosti mjasnyh i rybnyh produktov // Sovremennye problemy kachestva i bezopasnosti produktov pitaniya v svete trebovanij tehničeskogo reglamenta tamozhennogo sojuza: sb. mater. mezhdunar. nauch.-prakt. internet-konf. – Krasnodar: izd. KubGTU, 2014. – S. 133-135.

8. Nesterov A.V., Nesterov S.V. O statisticheskom analize jempiricheskikh dannyh v sisteme Matlab pri kontrole pokazatelej kachestva tovarnoj nefti // Integracija nauki i obrazovanija v vuzah neftegazovogo profilja – 2014: mater. Mezhdunar. nauch.-metodich. konf. – Ufa: RIC UGNTU, 2014. – С 185-187.

9. Nesterov A.V., Nesterov S.V. Ob osobennostjah statističeskoj ocenki bezopasnosti pishhevyh produktov sredstvami MATLAB: Sovremennye problemy zdorovogo pitaniya. Innovacii i tradicii: sb. stat. i dokl. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Barnaul: Alt. gos. tehn. un-t im. I.I. Polzunova, 2014. – S. 12-14.

10. Nesterov A.V., Nesterov S.V., Kozak D.A. K proverke otklonenija raspredelenija verojatnostej ot normal'nogo raspredelenija v sisteme komp'juternoj matematiki MATLAB // Jelektronnyj setevoj politematiceskij zhurnal «Nauchnye trudy KubGTU». – Krasnodar: KubGTU, 2015, № 6. – 31 s. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/471>.

11. Nesterov A.V., Nesterov S.V. Ob informacionnom aspekte primenenija sistemy MATLAB dlja rascheta tipovyh statistik // Informatika: problemy, metodologija, tehnologii: Mater. XIII Mezhdunar. nauch.-metod. konf. T. 2. – Voronezh: IPC Voronezh. gos. un-ta, 2013. – S. 427-430.

12. Nesterov A.V., Nesterov S.V. Proverka normal'nosti raspredelenija jempiricheskikh dannyh po kriteriju Shapiro-Uilka v Matlab // Innovacii v tehnologijah i obrazovanii: sb. st. uchastnikov VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Innovacii v tehnologijah i obrazovanii»: v 4 chastjah. – Ch. 2. – Belovo: Izd-vo filiala KuzGTU v g. Belovo, Rossija; Izd-vo un-ta «Sv. Kirilla i Sv. Mefodija», Veliko Tyrново, Bolgarija, 2013. – S. 211-214.

13. Nesterov A.V., Nesterov S.V. Statisticheskij analiz sluchajnyh otklonenij tehnologicheskikh parametrov burenija neftjanyh i gazovyh skvazhin // Neft' i gaz

Zapadnoj Sibiri: materialy mezhdunar. nauch.-tehn. konf. T. 2. – Tjumen': TjumGNGU, 2013. – S. 28-31.

14. Nesterov A.V., Nesterov S.V. O vychislitel'nyh osobennostjah statisticheskogo analiza dannyh v sisteme MATLAB pri kontrole kachestva produktov pitaniya // Innovacii v industrii pitaniya i servise: Jelektronnyj sb. mater. I Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvjashhennoj 30-letiju kafedry tehnologii i organizacii pitaniya. – Krasnodar: Izd. KubGTU, 2014. – S. 188-190.

15. Kozak D.A., Nesterov A.V., Nesterov S.V. Ob ispol'zovanii statisticheskikh metodov ocenki bezopasnosti pishhevyyh produktov i syr'ja na predpriyatijah agropromyshlennogo kompleksa // Innovacionnye tehnologii v sfere pitaniya, servisa i trgovli: Mater. ochno-zaochnoj nauch.-prakt. konf. – Ekaterinburg: Izd-vo Ural. gos. jekon. un-ta, 2014. – S. 192-195.

16. Han G., Shapiro S. Statisticheskie modeli v inzhenernyh zadachah. – M.: Mir, 1969. – 395 s.

17. Nesterov A.V., Nesterov S.V., Pozhidaev N.V., Cherednichenko A.V. Identifikacija promyshlennyh ob"ektov regulirovanija s pomoshh'ju SCADA-sistemy OWEN PROCESS MANAGER. Kuban. gos. tehnol. un-t. – Krasnodar, 2006. – 11 s. – Dep. v VINITI 28.12.2006, № 1638-V2006.

18. Nesterov A.V., Nesterov S.V., Pozhidaev N.V., Cherednichenko A.V. O vozmozhnosti identifikacii promyshlennyh ob"ektov upravlenija v SCADA-sistemah // Jelektrojenergeticheskie komplekсы i sistemy: Mater. mezhdunar. nauch.-praktich. konf. – Krasnodar: KubGTU, 2006. – S. 120.

19. Nesterov A.V., Nesterov S.V. Povyshenie jeffektivnosti SCADA-sistemy OWEN PROCESS MANAGER putem integracii s sistemami komp'juternoj matematiki // Mirovye problemy razvitija mashinostroitel'nyh predpriyatij: Sb. nauch. st. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – filial FGBOU VPO «MGIU» v g. Vjaz'me. – Vjaz'ma, 2014. – S. 102-107.

20. Nesterov A.V., Nesterov S.V. Teorija avtomaticheskogo upravlenija. – Krasnodar: Izd-vo KubGTU, 2006. – 191 s.

21. Nesterov A.V., Nesterov A.V., Nesterova D.A. Proverka odklonenija raspredelenija verojatnostej ot normal'nogo raspredelenija po kriteriju Shapiro-Uilka v MATLAB // Nekotorye voprosy matematiki i ee prilozhenij: Sb. nauch. tr. / pod red. E.M. Maleko. Vyp. 1. – Magnitogorsk: Izd-vo Magnitogorsk. gos. tehn. un-ta im. G.I. Nosova, 2013. – S. 41-45.

SOFTWARE DEVELOPMENT OF ROYSTON'S ALGORITHM IN MATLAB SYSTEM

A.V. NESTEROV, S.V. NESTEROV, D.A. KOZAK

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: briefkasten129@rambler.ru*

Royston's algorithm as software of check a deviation of distribution of probabilities of empirical data from normal distribution is investigated. The corresponding software on the basis of MATLAB system and its package of the Statistics Toolbox expansion is developed. The special attention is paid to automation of calculation of statistics of Royston's criterion. Operability of the offered software is confirmed experimentally at the solution of a test task.

Key words: hypothesis of a normality of empirical data, Shapiro-Wilk test, Royston's algorithm, Royston's criterion, automation of calculations.