

ситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.–Волгоград, 2013. – № 4 – С. 67-73. 6.Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Сазанов М.А. Состояние и перспективы развития лиманного орошения в Калмыкии // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 2-5. 7.Иванов П.В. Когнитивные технологии моделирования системы орошаемого земледелия региона // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 78(04). – С. 1-10. 8.Ильинская И.Н. Моделирование продуктивности агроэкосистемы в условиях орошения на Северном Кавказе // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 52-54. 9.Методические рекомендации по разработке моделей плодородия солонцовых почв.–М.: ВАСХНИЛ, 1987. – 27 с. 10.Пегов С.А., Хомяков С.А. Моделирование развития экологических систем.–Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 222 с. 11.Рекс Л.М. Системные исследования мелиоративных

процессов и систем.–М., 1995. – 192 с. 12.Юрченко И.Ф. Информационные системы управления водохозяйственным мелиоративным комплексом // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 1. – С. 12-15. 13.Борликов Г.М., Дедова Э.Б., Сазанов М.А. Основные пути повышения экологически безопасного адаптивного землепользования в агропромышленном комплексе Республики Калмыкия // Научная мысль Кавказа. – 2014. – № 4. – С. 80-90. 14.Дедова Э.Б., Сазанов М.А., Аравгиева Б.О. Повышение продуктивности лиманных угодий Республики Калмыкия // Сб. Межд. науч.-практ. конф. «Использование мелиорированных земель – современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия».–Тверь, 2015. – С. 230-236. 15.Шумаков Б.А., Шумаков Б.Б. Лиманное орошение.–М.: Сельхозгиз, 1963. – 132 с.

Поступила в редакцию 15.05.16

УДК 628.153

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПОРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

С.Н.Карамбиров¹, доктор технических наук, **М.А.Мордясов²**, кандидат технических наук, **П.М.Уманский¹**

¹Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А.Тимирязева, 127500, Москва

²Академия жилищно-коммунальных наук, 125371, Москва

E-mail: umpm@rambler.ru

Приведены результаты обработки данных по водопотреблению и результатам имитационного моделирования для действующей системы водоснабжения методами кластерного анализа и нейронных сетей. Полученные результаты позволяют получить информацию даже в тех случаях, когда нет возможности применить классические методы анализа данных.

CLUSTER ANALYSIS OF PRESSURIZED HYDRAULIC SYSTEM SIMULATION RESULTS

Karambirov S.N., **Mordyasov M.A.**, **Umansky P.M.**

For the operating water supply system, specific water flow rate data processing and simulation results have been demonstrated using the cluster analysis and neural network methods. Such results may be successfully used in the events when it is impossible to use any classical data analysis methods.

Ключевые слова: водоснабжение, кластерный анализ, нейронные сети, имитационное моделирование

Key words: water supply, cluster analysis, neural networks, simulation

В настоящее время утвердилось единое мнение о стохастическом характере водопотребления. Однако это не нашло отражения в существующих методах расчета, которые, в основном, продолжают оставаться детерминированными. Дополнение детерминированных расчетов стохастическими позволяет получить более обоснованные параметры системы с учетом имеющейся информации.

Целью работы является разработка общего подхода к решению гидравлических расчетов напорных

гидравлических систем в условиях стохастического разбора воды на основе имитационного моделирования и кластерного анализа результатов. Достижение поставленной цели потребовало решения ряда задач, в том числе: анализ фактических данных по отбору воды на действующих системах подачи и распределения воды с целью получения зависимостей для гидравлической имитации; разработка и программная реализация алгоритмов стохастических расчетов напорных гидравлических систем (НГС); адаптация к решению

поставленных задач новых методов исследования — нейронных сетей и кластерного анализа.

При имитационном моделировании в условиях стохастического водопотребления, которое для каждого узла рассматривается как 24-мерный случайный вектор, для идентификации параметров используют данные по фактическому водопотреблению. Натурные исследования водопотребления проводили в городах Ленинградской области (г. Кингисепп, Ивангород). Схема сети г. Кингисеппа приведена на рис. 1.

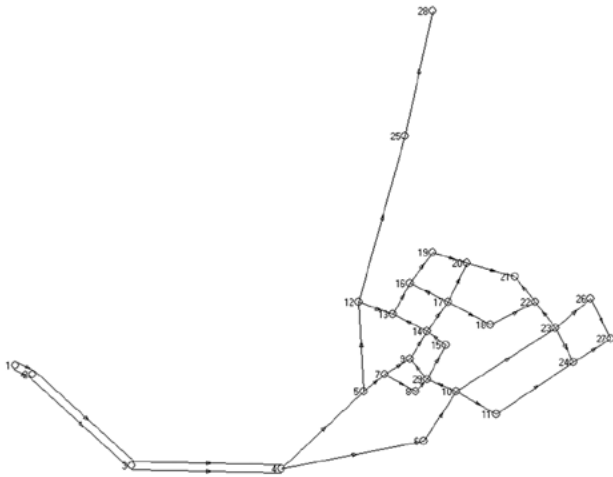


Рис. 1. План сети г. Кингисеппа.

Помимо средних узловых расходов необходимо имитировать отклонения от них. Для этих целей необходимо знать дисперсии или среднеквадратические отклонения. Величиной, учитывающей обе переменные, является коэффициент вариации K_{var} (отношение среднеквадратического отклонения к соответствующему среднему). Для оценки эффективности работы НГС используют стоимостные и физические категории - себестоимость 1 м^3 воды, ее качество, затраты на строительство, реконструкцию и эксплуатацию системы, обеспечение бесперебойности подачи воды потребителям и др. Однако не учитывают такие характеристики системы, как разделение потребителей (узлов сети) по близким значениям отборов и располагаемых напоров в штатных и аварийных ситуациях, выявление сходных параметров элементов системы при случайном характере отбора воды и др. Такие показатели характеризуют правильность проектирования и

эксплуатации системы, как правило не имеют признаков функциональных зависимостей и обычно относятся к конкретному гидравлическому объекту. Применение к нему традиционных подходов регрессионного анализа часто не является эффективным. Конструктивным в данном случае оказалось использование методов классификации и кластеризации. Оба подхода имеют много общего, но классификация образов предполагает наличие предварительно определенных классов, задание которых для напорных гидравлических систем возможно лишь в редких случаях. По этой причине основное внимание уделяли задачам кластеризации, которые помещают близкие в геометрическом смысле образы в один кластер.

В последние годы большой интерес вызывает проблематика нейронных сетей, идея которых родилась в результате стремления воспроизвести умение человеческого мозга обобщать, обучаться и исправлять ошибки. Переложение на технический язык биологических процессов дает богатый материал для построения разнообразных моделей. Основным здесь является понятие нейрона. В математической модели важно, что нейрон имеет каналы ввода (дендриты), ядро и канал вывода (аксон). Аксоны соединяются с дендритами других нейронов с помощью синапсов, имеющих определенную интенсивность (или вес). Нейрон возбуждается, если суммарный уровень сигналов, пришедших к нему, превышает некоторый уровень (порог активаций).

Обозначим через ω_i вес i -го синапса. Тогда текущее состояние нейрона определяется как скалярное произведение входных сигналов и весов:

$$S = \sum x_i \omega_i$$

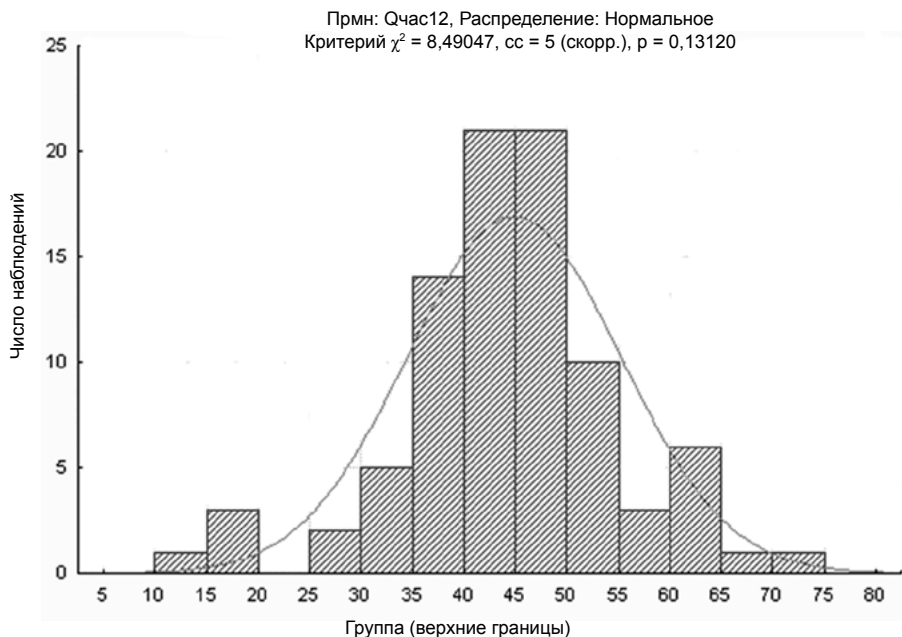


Рис. 2. Гистограмма водопотребления и сглаживающий график частот нормального распределения в час (11-12); Ивангород, 9-этажный дом, 10 Q ($\text{м}^3/\text{ч}$), 280 жителей.

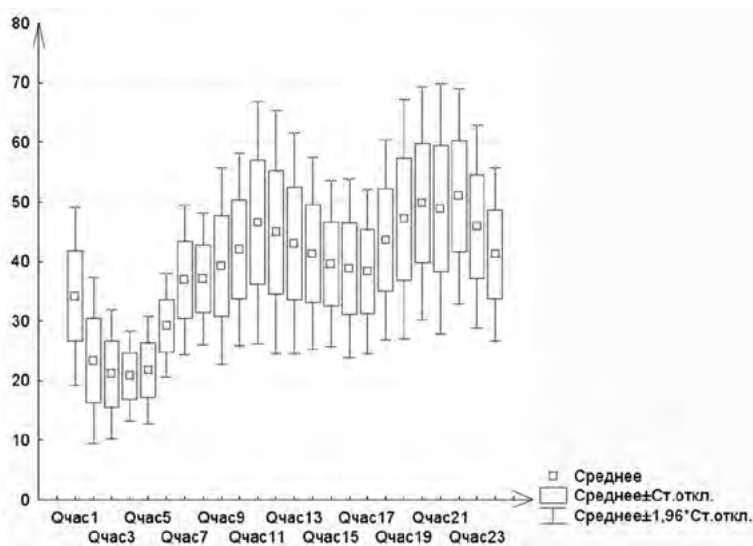


Рис. 3. Диаграмма размаха; Ивангород, 9-этажный дом, 10 Q (м³/ч), 280 жителей.

Известно несколько типов нейронных сетей. Для задач кластеризации наиболее подходящей является сеть, известная под названием слой Кохонена. Поскольку скалярное произведение является мерой близости между входным вектором и вектором весов, последний корректируется таким образом, чтобы приблизить весовой вектор к входному. После проведения ряда итераций весовые векторы образуют центры кластеров, объединяющих топологически в евклидовой метрике близкие исходные векторы [1].

При обработке экспериментальных данных часто возникает необходимость аппроксимировать эмпирическое распределение известным законом распределения. В нашем случае речь идет об определении законов распределения водопотребления различными объектами по часам суток. Гипотезу о виде распределения проверяли по критерию согласия χ^2 . Для автоматизации вычислений использовали статистический пакет STATISTICA. Расчет по критерию согласия приведен на рис. 2. Практически во всех случаях принимали гипотезу о нормальном законе распределения. Исключением могут быть ночные расходы, где водопотребление не велико, что позволяет принять нормальный закон распределения для каждого часа суток.

Наглядным представлением параметров распределений является график диаграммы размаха: центральная точка указывает на положение математического ожидания; прямоугольник показывает характер изменения от среднего вокруг среднеквадратических отклонений; отрезки вокруг прямоугольников задают 95 %-ный доверительный интервал изменения переменных. Пример диаграммы размаха для жилого дома приведен на рис. 3.

Кластерный анализ коэффициентов вариации в зависимости от часов суток для потребителей с отно-

сительно высоким минимальным часовым коэффициентом неравномерности водопотребления $K_{\text{час. мин}}$ приведен на рис. 4а, из которого видно, что величина K_{var} остается практически постоянной в течение суток. Статистическая проверка гипотезы на основе распределения критерия Стьюдента показала, что значение коэффициента корреляции между K_{var} и часами суток незначимо отличается от нуля, что говорит о сохранении практически постоянных значений коэффициентов вариации в диапазоне 0,15-0,25 для разных объектов [2]. Аналогичные зависимости отмечены для промышленных предприятий. На рис. 4б приведена подобная кластеризация для молокозавода. Здесь также коэффициенты вариации сохраняют примерно одинаковые значения.

Однако для жилой застройки с малыми ночными расходами (минимальными коэффициентами неравномерности $K_{\text{час. мин}}$), свидетельствующими о хорошем состоянии санитарно-технической арматуры и изменении структуры водопотребления, в ночные часы наблюдается значительный рост коэффициента вариации, кластеризация которого приведена на рис. 4в. На основании анализа данных, приведенных на рис. 4, можно выявить зависимость между относительным повышением коэффициента вариации и коэффициентом минимальной часовой неравномерности [2, 3].

Таким образом, получены основные зависимости, необходимые для имитации одной из основных вероятностных величин – водопотребления по часам суток. Следующим шагом является имитация работы напорной гидравлической системы в нормальных и аварийных условиях. С этой целью была создана вероятностная модель функционирования системы, описывающая основные факторы ее работы. На основании модели авторами была создана оригинальная программа для ЭВМ. В результате многократных статистических испытаний с имитацией водопотребления на каждом временном шаге, принятым равным 1 ч, и проведения гидравлических расчетов определяли [3, 4]: изменение во времени напоров для выбранных узлов; временные изменения расходов для выбранных участков; зависимость напоров в узлах от отключаемых при авариях участков с учетом зависимости отборов воды от предполагаемых напоров; участки, отключение которых приводило к дефициту напоров в выбранных узлах; дефицит (избыток) регулирующих объемов и др.

При этом процесс имитации рассматривали как последовательная смена событий: нарушение работоспособности узлов со свободными напорами меньше требуемых; переполнение или опустошение регулирующих резервуаров; отказы отдельных участков сети; выход характеристик насосов за пределы рабочей зоны и др.

Гидравлическая система реагирует на события изменением своих состояний: включаются или выключаются

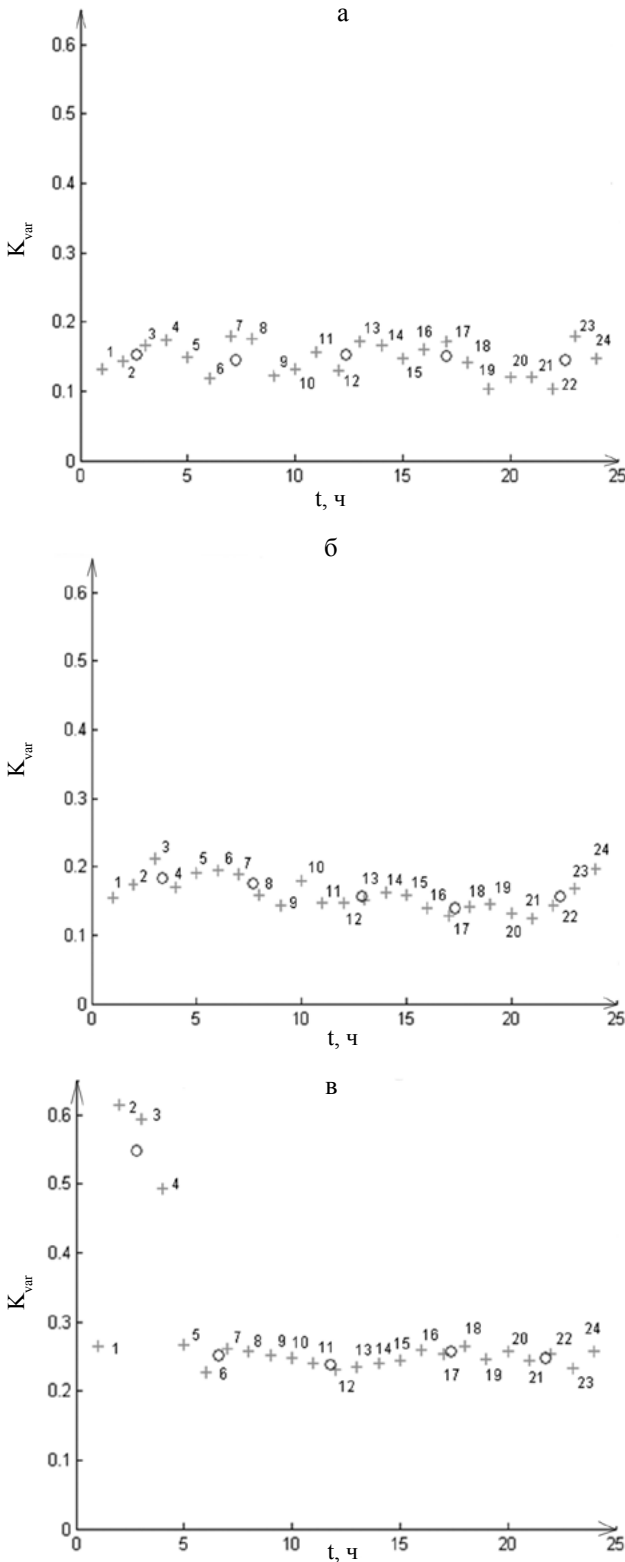


Рис. 4. Кластеризация часов суток и коэффициентов вариации водопотребления, г. Кингисепп: а – станция подкачки на группу зданий, $K_{\text{час. мин}} = 0,689$; б – молокозавод; в – Ивангород, 4-этажный дом, $K_{\text{час. мин}} = 0,246$; крестики обозначают часы суток, кружочки – центры кластеров.

чаются основные и разменные насосные агрегаты; осуществляется частотное регулирование насосов; происходит управление уровнями воды в напорных резервуарах; включаются или отключаются отдельные потребители и др.

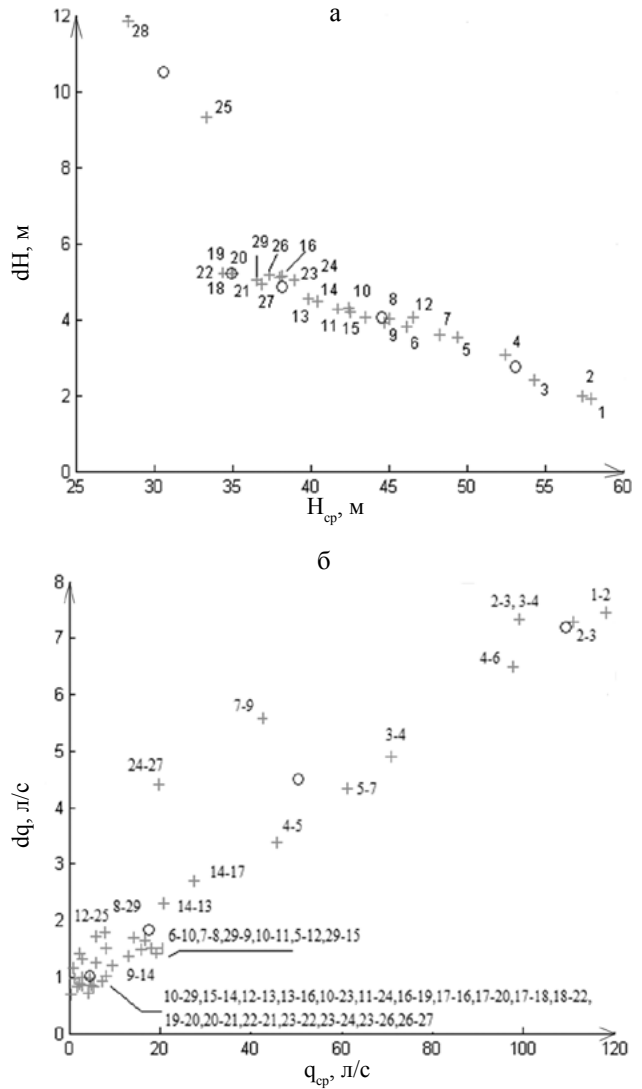


Рис. 5. Кластеризация статистического изменения: а – напоров узлов; б – расходов участков; половина 95 %-ного доверительного интервала в обе стороны от среднего (σ) при многодневной имитации, ч Q_{max} ; цифры у крестиков соответствуют номерам узлов, образующих участки, кружочки – центрам кластеров.

На момент начала имитации параметры системы должны быть полностью определены, однако появление критических состояний является основанием для их изменения. Поскольку основные гидравлические характеристики имеют вероятностный характер, интерес представляет диапазон их изменения при имитации. В данной статье ограничимся только анализом отклонений напоров в узлах и расходов участков от средних значений.

Проверка реализаций по критерию Пирсона показала, что основные параметры системы распределены по

нормальному закону [2, 3]. На рис. 5а приведена кластеризация отклонений напоров (2σ) в узлах от средних значений (математических ожиданий). Суммирование и вычитание отклонений из средних задает 95 %-ный доверительный интервал изменения напоров. Из рис. видно, что центры кластеров кольцевой части гидравлической сети укладывается на убывающую прямую. Узлы с высокими значениями средних напоров, расположенные недалеко от насосной станции, имеют относительно невысокие отклонения напоров, которые растут по мере продвижения к периферии сети. Узлы, расположенные на достаточно длинной тупиковой линии, образуют самостоятельный кластер, характеризующийся значительно большими величинами отклонений. Из этого можно сделать вывод, что кольцевая структура сети не только повышает ее надежность, но и способствует снижению разбросов гидравлических характеристик.

Аналогичный кластерный анализ для расходов (их математических ожиданий) участков и отклонений от них приведен на рис. 5б. Здесь разброс точек больше, а характер изменения центров кластеров возрастающий, то есть противоположный напорам. Участки в начале сети с большими средними расходами имеют и большие абсолютные отклонения от них.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Одной из основных неопределенностей напорных гидравлических систем является процесс водопотребления, закономерности которого можно получить обработкой натурных из-

мерений методами математической статистики. Водопотребление подчиняется 24-мерному случайному вектору с нормальным законом распределения компонентов. Исключением могут быть ночные часы. Наиболее стабильным по часам суток является коэффициент вариации водопотребления. Отмеченные закономерности могут быть конструктивно использованы при имитационном моделировании напорных гидравлических систем, которое является эффективным средством анализа ее работы. Для интерпретации результатов моделирования целесообразно использовать кластерный анализ и нейронные сети. Относительно высоким математическим ожиданиям свободных напоров соответствуют относительно низкие дисперсии, что препятствует появлению чрезмерно высоких напоров. Для расходов участков наблюдается обратная картина, но возникновение высоких расходов не столь критично.

Литература. 1. Дьяконов В.П., Круглов В.В. *MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2+Simulink5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. Серия «Библиотека профессионала»*. - М.: Солон-Пресс, 2006. – 456 с. 2. Карамбилов С.Н., Бекишева Л.Б. *О некоторых статистических закономерностях водопотребления в системах водоснабжения // Природообустройство. – 2012. – № 4. – С. 45-48.* 3. Карамбилов С.Н. *Новые подходы в моделировании и оптимизации трубопроводных систем. Основы, концепции, методы // LAPLAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-3-659-26845-8. – 2012. – 355 с.* 4. Карамбилов С.Н., Бекишева Л.Б. *Имитационное моделирование напорных трубопроводных систем // Природообустройство. – 2012. – № 4. – С. 45-48.*

Поступила в редакцию 25.04.16

Информационное обеспечение

УДК 351.852.11:004.031.4

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПОЛЯ В ОПИСАНИИ ПУБЛИКАЦИИ В ЭЛЕКТРОННОМ КАТАЛОГЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НАУЧНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОСЕЩАЕМОСТИ САЙТА ОРГАНИЗАЦИИ

Н.Н.Мельник, кандидат экономических наук, Г.Ф.Карпов

Центральная научная сельскохозяйственная библиотека, 197139, Москва
E-mail: mnn@cnsnb.ru

Публикации по контент-маркетингу в основном нацелены на коммерческие компании, не касаются сферы сельского хозяйства и смежных дисциплин, дают только общие рекомендации, рассматривают контент-маркетинг для повышения удобства использования, а не поискового контент-продвижения. Коэффициенты входов из поисковых систем на одну загруженную страницу, полученные в исследовании в период с 25.03.2016 по 26.04.2016 гг., следующие: для описаний новых поступлений изданий – 0,66 %, справочников – 172,96 %, описаний с дополнительными полями – 38,33 %. Полученные результаты показывают эффективность размещения справочников и описаний с дополнительными полями на сайте организации, дают рекомендации по повышению посещаемости сайта из поисковых систем и повышению известности организации.