

Оценка экономической эффективности. Оценка экономической эффективности адаптивной системы АСУА «Брест-1». Ориентировочная отпускная цена АСУА «Брест-1» с НДС составляет около 6.5 млн. руб (2200 у.е.). По результатам испытаний системы, пропускная способность АТС на перекрестке увеличилась в 1.6 раза. При этом количество машин в очередях перед светофором за один светофорный цикл (принятый равным одной минуте) уменьшилось в среднем на 7.2 машины (величина расчетная) по сравнению с жестким регулированием переключения фаз светофора. При работе светофора в течение 12 часов в сутки (720 минут) происходит 720 светофорных циклов. Таким образом, потери в машино/часах за сутки при жестком регулировании переключения фаз светофора по нижеприведенному расчету составляют:

7.2 маш. * 720 мин. = 5184 маш./мин.: 60 мин. = 86.4 маш./часа

По монографии [6] стоимость потери одного машино/часа составляет 2.62 у.е.

Экономический эффект от использования АСУА «Брест-1» ориентировочно составляет:

- в сутки – 2.62у.е.час. * 86.4маш./час. = 226.36у.е.
- в год – 226.36у.е. * 300 дней = 67 908. у.е.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Луканин, В.Н. Автотранспортные потоки и окружающая среда / В.Н. Луканин [и др.]. – М.: Инфра-М, 1988.
2. Врубель, Ю.А. Потери в дорожном движении – Мн.: БНТУ, 2002.
3. Малов, Р.В. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды / Р.В. Малов [и др.]. – М.: Транспорт, 1982.
4. Кременец, Ю.А. Технические средства регулирования дорожного движения / Ю.А. Кременец, М.П. Печёрский. – М.: Транспорт, 1981.
5. Афанасьев, М.Б. Технические средства организации дорожного движения / М.Б Афанасьев, Ю.А. Кременец, М.П. Печёрский – М.: Академкнига, 2005.
6. Врубель, Ю.А. Определение потерь в дорожном движении / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот. – Мн.: БНТУ, 2006.

Материал поступил в редакцию 09.11.10

ANFILETS S.V. Estimation of efficiency of introduction of adaptive system of regulation on a crossroads

This article presents the results of implementing an adaptive control system traffic at the intersection. Given the collected statistics and calculation of the efficiency of this system implementation.

УДК 528.9:004:551.509.25

Дереченник С.С., Дмитриева А.В.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ДОЛГОСРОЧНОГО КЛИМАТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Введение. Задача построения карты формулируется как переход от набора значений функции в произвольных (неупорядоченных) точках плоскости к значениям этой функции в узлах некоторой регулярной сетки с заданным шагом, что позволит находить искомые значения в любой точке области картирования. Необходимая, с точки зрения области применения, точность модели, равно как и дифференциальные, статистические и др. свойства карты обеспечиваются соответствующим выбором конкретного алгоритма ее построения.

В строительной отрасли различные климатические карты используются при назначении возможных нагрузок и воздействий на проектируемые здания и сооружения. Например, для расчета действия нагрузок от снегового покрова необходимы карты снеговых районов, которые содержат прогнозируемые максимально возможные величины нагрузки, при этом период (длительность) прогноза должен соответствовать заданному сроку эксплуатации проектируемой конструкции.

Известные методики картографирования основаны на стандартных способах гридинга (например, процедуре крайгинга), реализованных в различных прикладных программах. Они имеют очень высокую точность в случае картографирования метеорологических данных как результатов прямых или косвенных физических измерений, однако менее эффективны для обработки результатов прогнозирования. Это связано с тем, что величины, получаемые при прогнозировании, имеют неединичную вероятность (обеспеченность), которая снижается с увеличением прогнозного периода. Следует ожидать, что двумерное поле параметра при этом будет постепенно сглаживаться, однако стандартные методы, в общем случае, не учитывают данный эффект. Аналогичные соображения справедливы также и в отношении границ территориальных районов. Иными сло-

вами, картографирование долгосрочных прогнозов обусловлено существенным огрублением результатов: во-первых, на этапе расчета прогнозных значений, во-вторых, при их районировании.

Кроме того, картографирование сравнительно небольших территорий зачастую связано также с проблемой отсутствия исходных данных в точках, расположенных вблизи, но вне этих территорий, что снижает точность модели вблизи границ («пограничный эффект»).

Таким образом, необходима разработка специализированных методик картографирования, адаптированных к задаче климатического прогнозирования и районирования.

Итерационный алгоритм гридинга с использованием принципа «отражающей границы». Одним из способов картографирования является разложение поверхности параметра на фоновую и остаточную составляющие, что соответствует двум производным картам. При этом фоновая поверхность (тренд) показывает пространственное размещение ведущего фактора, а остаточная поверхность передает размещение региональных аномалий [1]. Так, при картографировании характеристических значений снеговой нагрузки на поверхности земли, где исходными данными являлись прогнозные величины, рассчитанные для 35 метеостанций Беларуси, мы рассматривали поверхность значений прогнозируемого фактора как сумму поверхности тренда и поверхности отклонений [2, 3].

Функцию тренда находили методом наименьших квадратов в виде некоторой простой поверхности, в данном случае – второго порядка: $T(x, y) = Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F$. Результат, представленный на рис. 1, иллюстрирует общую тенденцию возрастания снеговой нагрузки в Беларуси в направлениях с запада на восток и с юга на север.

Дереченник Станислав Станиславович, к.т.н., доцент, зав. кафедрой ЭВМ и системы Брестского государственного технического университета.

Дмитриева Анна Владимировна, магистр технических наук, аспирант кафедры ЭВМ и системы Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

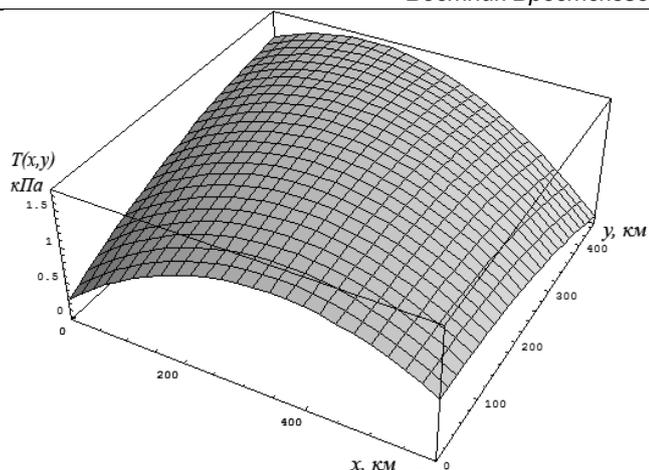


Рис. 1. Фоновая поверхность (тренд) характеристических значений снеговой нагрузки

Поверхность отклонений $R(x, y)$ строилась по значениям отскока прогнозного значения от тренда в заданных точках: $R_k = T(x, y) - S_k$. Аппроксимацию функции $R(x, y)$ выполняли поочередно по каждой из координат, фиксируя вторую координату в некотором узком диапазоне значений (анализируемая территория фактически делилась на горизонтальные и вертикальные полосы определенной ширины). Ширина полос на каждом шаге итерации уменьшалась (например, вдвое), вплоть до достижения необходимого разрешения искомого поля параметра. Для аппроксимирующих полиномов степени выше второй алгоритм обеспечивает итерационную сходимость результата, как по отдельным координатам, так и в целом для функции $R(x, y)$.

Однако при использовании полиномов высокой степени усиливается упомянутый выше «пограничный эффект», в результате которого значения на границах территории существенно искажаются. Очевидная причина данного эффекта – отсутствие данных (точек для аппроксимации) за границами территории. Так, на карте, представленной на рис. 2, ряд метеостанций с предположительно (и фактически) высокими значениями прогнозируемой нагрузки после рай-

онирования оказались в более «легких» районах (например, станция Высокое на западной границе и станция Костюковичи на юго-востоке попали в наиболее «легкий» район I).

Для устранения подобных искажений районирования предложено использовать принцип «отражающей границы». Этот принцип известен в рамках классического метода конечных разностей, однако применительно к данной задаче отличие состоит в сложной конфигурации границы и нерегулярности расположения исходных точек.

Территория Республики Беларусь представлялась в виде многоугольного контура, как показано на рис. 3а. Для его построения использовались некоторые операции, разработанные для описания топологических характеристик изображений [4]: выпуклый исходный многоугольник получен процедурой типа «резинковая лента», затем итерационно устранялись дефициты выпуклости исходного объекта («заливы»), величина которых превышала некоторое установленное значение I_1 . Ребра многоугольника выступали в качестве границ симметричного (зеркального) отражения, пример которого приведен на рис. 3б. Отражению подлежали станции, удаленные от контура не далее, чем на расстояние I_2 . Значения I_1 и I_2 (соответственно, 50 и 60 км) назначались исходя из вычисленного среднего расстояния между ближайшими соседями по всем 35 станциям территории (60 км). В результате к числу пограничных (отражаемых) было отнесено 15 станций. Некоторые точки, находящиеся внутри углов многоугольника (станции Брест, Высокое, Костюковичи и Гомель), отражались дважды.

С использованием предложенной методики зеркального отражения пограничных станций выполнено повторное картографирование и районирование снеговой нагрузки. При этом значения в отраженных станциях учитывались только при построении поверхности отклонений $R(x, y)$, тренд же $T(x, y)$ строился, как и ранее, по фактическим станциям. Полученная карта, представленная на рис. 4, в значительно большей степени соответствует реальным значениям прогнозных значений для конкретных станций, а снеговые районы лучше согласуются с географическими особенностями территории Беларуси. Так, район I соотносится лишь с юго-западной частью, где отмечается наименьшее количество твердых осадков. Район II охватывает Полесье и небольшой участок западной территории, а район III наиболее обширен и включает в себя различные типы ландшафта. Районы IV принадлежат основные возвышенности (Новогрудская,

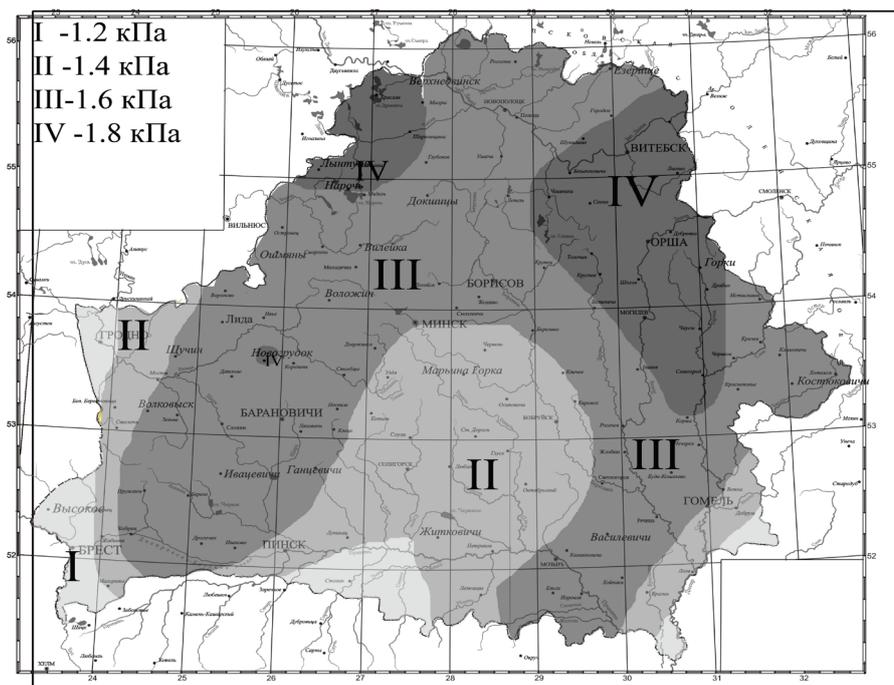


Рис. 2. Карта районирования характеристических значений снеговой нагрузки, иллюстрирующая «пограничный эффект»

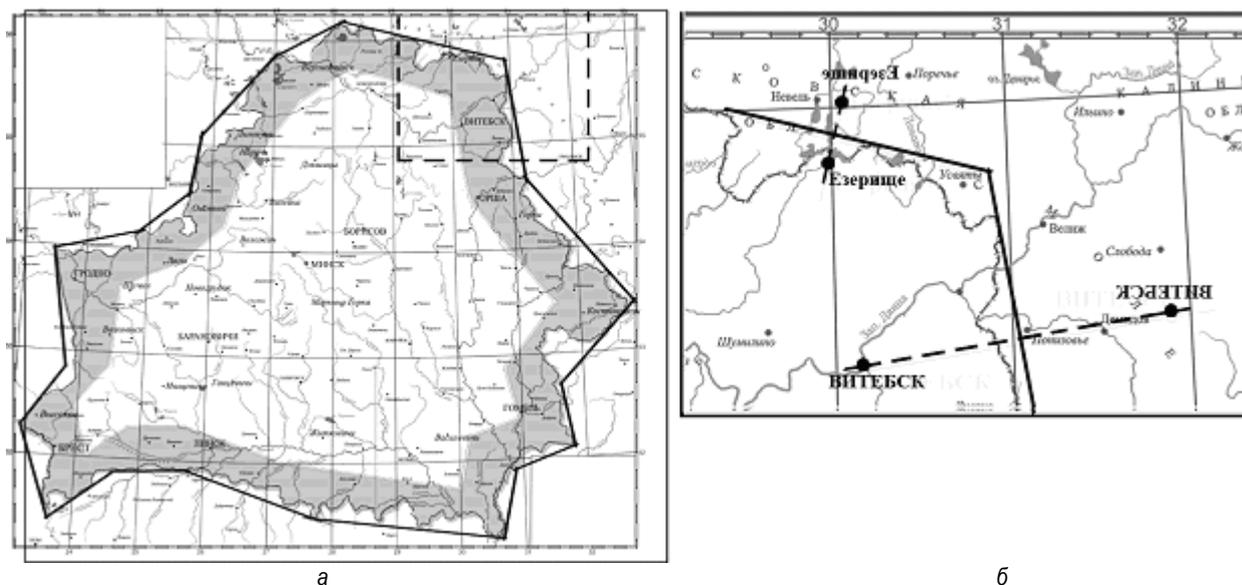


Рис. 3. Многоугольник контура границы территории (а) и пример зеркального отражения пограничных станций (б)

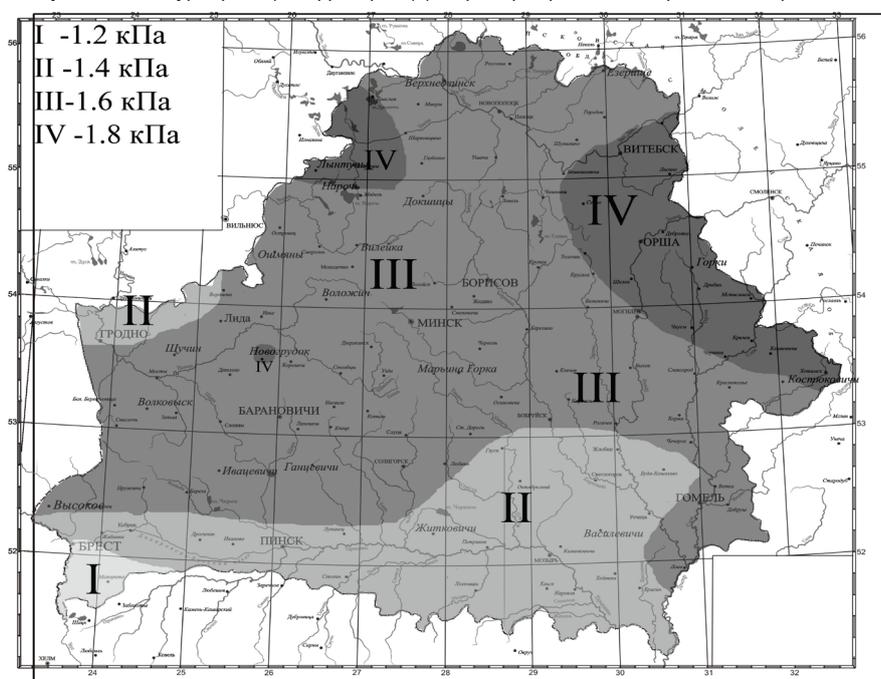


Рис. 4. Карта районирования характеристических значений снеговой нагрузки с использованием зеркального отражения пограничных станций

Оршанская и Нарочанская), где наблюдается максимальное количество осадков.

Применение результатов для решения задач долгосрочного прогнозирования. Нормативное (характеристическое) значение снеговой нагрузки S_{50} определяется как значение нагрузки от снежного покрова, установленное с обеспеченностью 0.98, или вероятностью превышения 0.02 – для периода отнесения, равного одному году, т.е. превышение этого значения происходит в среднем один раз за 50 лет. Прогнозирование снеговой нагрузки для иной обеспеченности может осуществляться с применением карт районирования, построенных для всех интересующих периодов (типичными являются периоды в 10, 15, 30, 50 и 100 лет). Практически же используют только одну такую карту (для обеспеченности 0.98, т.е. периода $T = 50$ лет), а для других значений обеспеченности характеристические значения нагрузки пересчитывают по зависимости, основанной на первом предельном распределении Гумбеля [5].

Однако при статистической обработке первичных данных нами установлено, что на территории Беларуси встречаются три различных типа вероятностных распределений: Гумбеля (тип I), Фреше (тип II) и Вейбулла (тип III) [2, 6]. Поскольку пересчет только лишь по зависимости Гумбеля не будет корректным для всей территории Беларуси, необходимо районировать территорию также и по типу (закону) распределения эмпирических распределений годовых максимумов снеговой нагрузки. Для решения этой задачи использование любых методов гритинга применительно к параметру «номер типа распределения» будет некорректным, так как он принадлежит к номинальной («слабой») шкале измерений. Поэтому каждому из возможных типов распределения поставим в однозначное соответствие числовой параметр R_i^2 – достоверность аппроксимации эмпирических данных зависимостью i -го типа, измеряемый в самой сильной, абсолютной шкале. Аппроксимация линейных, логарифмических и экспоненциальных зависимостей, а также расчет ее достоверности выполнялись уточненным методом наименьших квадратов,

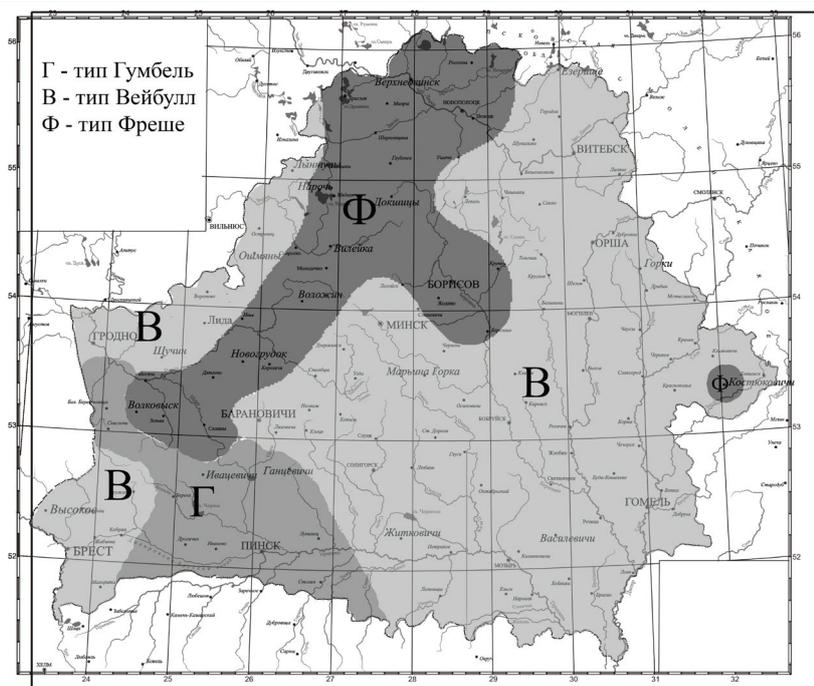


Рис. 5. Карта районирования территории Беларуси по типу распределения годовых максимумов снеговой нагрузки

Таблица 1. Зависимости и коэффициенты для пересчета характеристических значений снеговой нагрузки на периоды повторяемости T , отличные от 50 лет

Тип вероятностного распределения и вид зависимости для пересчета	Значение коэффициента пересчета K для снеговых районов (с характеристическими значениями S_{50})			
	I (1.2 кПа)	II (1.4 кПа)	III (1.6 кПа)	IV (1.8 кПа)
Гумбеля ($mun I$), $s_T = s_{50} + k \cdot (x_T - x_{50})$	-	0,25	0,25	-
Фреше ($mun II$), $s_T = s_{50} \cdot \exp[k \cdot (x_T - x_{50})]$	-	-	0,20	0,20
Вейбулла ($mun III$), $s_T = s_{50} + k \cdot \ln(x_T/x_{50})$	0,60	0,70	0,70	0,80
$T = 10 \dots 100 [лет], x_T = -\ln[-\ln(1 - 1/T)], x_{50} = -\ln[-\ln(1 - 1/50)] \approx 3.902$				

основанным на минимизации интегральной квадратичной ошибки отклонений регрессионной модели от кусочно-гладкого приближения эмпирических данных [7]. Таким образом, задача сводится к построению т.н. диаграммы преобладания – тематической карты, иллюстрирующей области превышения значения одной из анализируемых характеристик над другими. Поскольку конкретный тип распределения для каждой метеостанции выбирался исходя из наибольшей достоверности аппроксимации данных, в каждой исходной точке известны три значения достоверности (R_I^2, R_{II}^2 и R_{III}^2).

По значениям R_i^2 были построены три поверхности параметра $-\ln(R^2)$, соответствующие трем типам распределения. Предварительное логарифмирование значения достоверности обусловлено необходимостью некоторой линеаризации параметра в окрестности значения 1.00 (известно, что при хорошей аппроксимации $R^2 \rightarrow 1$). После наложения всех трех поверхностей, тип распределения в любой промежуточной точке может быть найден по тому условию, какая из поверхностей в данной точке расположена выше.

Полученная указанным способом карта районирования типов представлена на рис. 5.

Далее, используя карту районирования территории Республики Беларусь по характеристической нагрузке S_{50} (рис. 4) и предыдущую карту районирования типов (рис. 5), выполняем разбиение территории на подрайоны, имеющие одинаковые характеристические значения нагрузки и принадлежащие одному типу распределения. В результате получено 8 различных подрайонов (некоторые из 12 возможных комбинаций «снеговой район – тип распределения» в данном конкретном случае не имели места).

Для каждого из подрайонов находилась зависимость $S_T = S_T(T)$, такая, чтобы найденное с ее помощью характеристическое значение имело достаточную обеспеченность расчетных значений нагрузки для каждой из метеостанций, расположенной в данном подрайоне. Расчетные значения превышают характеристические в 1.5 раза (коэффициент запаса, который для особых подрайонов с типом Фреше повышается до 2.0). Так как общий вид искомой зависимости (линейная, экспоненциальная или логарифмическая) определялся типом распределения годовых максимумов

нагрузки для данного района (соответственно, Гумбеля, Фреше или Вейбулла), конкретная функция для подрайона определялась в итоге единственным коэффициентом. Данный коэффициент выбирался так, чтобы достичь наилучшей обеспеченности расчетных значений снеговой нагрузки во всем практически значимом диапазоне $T = 10 \dots 100$ лет. Мы полагали при этом, что соответствующий период повторяемости расчетных значений должен не менее чем в пять раз превышать аналогичный период для характеристических значений (т.е. составлять от 50 до 500 лет; или, иначе, достигать обеспеченности от 0.98 до 0.998).

Найденные для всех подрайонов итоговые зависимости сведены в таблицу, пригодную для практического использования и не требующую дополнительных пояснений. Прочерки в некоторых графах таблицы означают, что на территории Республики Беларусь соответствующие подрайоны отсутствуют.

Заключение. Предложены новые методики картографирования, адаптированные к задачам долгосрочного прогнозирования экстремальных значений климатических факторов (максимумов снеговой нагрузки и скорости ветра, максимальных и минимальных температур и т.п.). Методика гридинга, использующая принцип «отражающей границы», позволяет надежно картографировать и районировать ограниченную территорию при отсутствии данных для окрестностей за ее пределами. Районирование территории по типам вероятностных распределений экстремальных значений фактора обеспечивает возможность адекватного пересчета прогнозируемых значений при изменении длительности прогноза.

Результаты работы внедрены в национальные приложения Республики Беларусь к техническим кодексам (стандартам) ТКП ЕН 1991-1-3 «Еврокод 1: Воздействия на конструкции. Часть 1–3:

Общие воздействия. Снеговые нагрузки» и ТКП ЕН 1991-1-4 «Еврокод 1: Воздействия на конструкции. Часть 1–4: Общие воздействия. Ветровые нагрузки», введенным в действие 1.01.2010.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Берлянт, А.М. Карты фоновых и остаточных поверхностей и их применение в географических исследованиях // Вестник Московского Университета. – 1969. – № 4: География. – С. 80–89.
2. Тур, В.В. Нормирование снеговых нагрузок для территории Республики Беларусь / В.В. Тур, В.Е. Валуев, С.С. Дереченник, О.П. Мешик, И.С. Воскобойников // Строительная наука и техника (Минск). – 2008. – №2. – С. 27–45.
3. Дмитриева, А.В. Итерационный алгоритм гридинга с покординатной аппроксимацией для районирования метеорологических данных // Сб. конкурс. науч. раб. студ. и магистр. – Брест: БрГТУ, 2009. – Ч.1. – С. 148–152.
4. Прэнт У. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир, 1982. – Кн. 2. – 480 с.
5. Снеговые нагрузки на покрытиях зданий в условиях Севера / В.В. Филиппов, А.Т. Копылов, Т.А. Корнилов [и др.]. – М.: Наука, 2000. – 246 с.
6. Tur V., Valuev V., Derechennik S., Meshik O. Ground Snow Loads in Belarusian Code // Environmental Effects on Building, Structures, Materials and People / Lublin Univ. of Technology; Ed. A.Flaga and T.Lipecki. – Lublin, 2007. – P. 131–138.
7. Дереченник, С.С. Интегральная оценка качества регрессионных моделей / С.С. Дереченник, А.В. Дмитриева, С.С.-мл. Дереченник // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2009. – № 5: Физика, математика, информатика. – С. 77–80.

Материал поступил в редакцию 29.10.10

DERECHENNIK S.S., DMITRIEVA A.V. Geo-mapping automation in tasks of long-term climate forecast

New approaches of geo-mapping are proposed for long-term forecasting results of different climate factors. Adequate maps for limited territory can be obtained using the “reflecting border” principle at griding when there are no data for outer neighborhood. Zoning on types of probability distribution of the factor extreme values makes it possible to recalculate the forecast values when changing the length of a forecast. Approaches were successfully tested in task of characteristic values zoning of snow load in Belarus.

УДК 551.492

Волчек А.А., Гладкий И.И., Махнист Л.П., Рубанов В.С.

О ПАРАМЕТРАХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ДИФфуЗИОННОЙ МОДЕЛИ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ГИДРОЛОГИИ

Введение. Рассмотрим марковский процесс для описания колебаний речного стока, используемый в стохастической гидрологии.

Пусть \bar{V} – среднегодовой расход воды, а V_t – расход воды в момент времени t . Тогда, полагая $X_t = (V_t - \bar{V}) / \bar{V}$, процесс многолетних колебаний стока можно описать с помощью стационарного решения стохастического дифференциального уравнения (СДУ) Орнштейна–Уленбека с непрерывным временем [1]:

$$dX_t = -kX_t dt + \sigma dW_t, \quad (1)$$

где W_t – стандартный винеровский процесс (так что

$\frac{dW_t}{dt} = W_t'$ – обобщенный случайный процесс белого шума с

параметром $\sigma = C_V \sqrt{2k}$), C_V – коэффициент вариации, k^{-1} – время релаксации речного стока.

Орнштейна–Уленбека процесс является однородным по времени марковским процессом диффузионного типа с коэффициентом сноса $a(t, x) = -kx$ и диффузии $\sigma(t, x) = \sigma^2$, переходная плотность вероятности $p(t, x, y)$ которого является фундаментальным решением соответствующего уравнения Фоккера–Планка (т.е. прямого уравнения Колмогорова) вида

$$\frac{\partial p}{\partial t} = k \frac{\partial}{\partial y} (yp) + \frac{\sigma^2}{2} \frac{\partial^2 p}{\partial y^2},$$

где коэффициент k определяется по формуле $k = -\ln r$, так как

Волчек Александр Александрович, д.г.н., профессор, декан факультета водоснабжения и гидромелиорации Брестского государственного технического университета.

Гладкий Иван Иванович, старший преподаватель кафедры высшей математики Брестского государственного технического университета.

Махнист Леонид Петрович, к.т.н., доцент кафедры высшей математики Брестского государственного технического университета.

Рубанов Владимир Степанович, к.ф.-м.н., проректор по научной работе, профессор кафедры высшей математики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.