



Munich Personal RePEc Archive

## **Spatial factors of winter-related unintentional falls**

Timiryanova, Venera and Mchedlishvili, Aleksander and Lakman, Irina and Bakhitova, Railya and Abzalilova, Liya and Devyatkova, Galina

Ufa University of Science and Technology, Perm State Medical University named after Academician E. A. Wagner

November 2023

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/119208/>  
MPRA Paper No. 119208, posted 24 Nov 2023 22:33 UTC

## **Spatial factors of winter-related unintentional falls**

Venera M. Timiryanova, D. Econ. Sci., professor, chief researcher, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation; veneratimiryanova@mail.ru (ORCID: 0000-0002-1004-0722, Scopus Author ID: 57194428883, Researcher ID: N-3449-2015)

Aleksander A. Mchedlishvili, Perm State Medical University named after Academician E. A. Wagner, Perm, Russian Federation

Irina A. Lakman, PhD, associate Professor, Head of the Laboratory, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation (, ORCID: 0000-0001-9876-9202, Scopus Author ID: 57192164952, Researcher ID: K-6878-2017)

Railya Kh. Bakhitova, D. Econ. Sci., Head of the Department, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation (Scopus Author ID: 57215080848)

Liya R. Abzalilova, PhD, associate Professor, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation (Scopus Author ID: 16400872300)

Galina I. Devyatkova, D. Econ. Sci., professor, Perm State Medical University named after Academician E. A. Wagner, Perm, Russian Federation (ORCID: 0000-0002-2318-9390)

**Abstract.** Falls are a serious problem in northern countries during winter. The purpose of the study is to model the number of falls in the urban environment in winter. Particular attention is paid to patterns of fall concentration in various types of urban environments. The analysis was carried out on weekly data on the number of falls in Perm for 4 winters 2015-2019 in the context of 82 districts. The share of special zones (industrial, college campuses, hospitals etc.), the share of low-rise buildings, the number of retail outlets, the number of food facilities were taken into account as factors influencing injuries. The analysis showed a significant impact on reducing the number of drops in the share of territories occupied by special zones and low-rise buildings. The growth in the number of retail facilities contributed to the increase in the number of falls. Given the above, urban settings should be considered for individual policy profiles to prevent outdoor falls.

**Keywords:** outdoor falls; location conditions; spatial panel model; injury forecasting

## **Пространственные факторы непреднамеренных падений в зимний период**

Тимирьянова Венера Маратовна, д-р экон. наук, г.н.с. лаборатории исследования социально-экономических проблем регионов Института экономики, управления и бизнеса Уфимского университета науки и технологий. E-mail: veneratimiryanova@mail.ru

Мchedlishvili Александр Альбертович, преподаватель кафедры общественного здоровья и здравоохранения № 2 с курсом информатизации здравоохранения Пермского государственного медицинского университета имени академика Е.А. Вагнера

Лакман Ирина Александровна, канд. техн. наук, заведующий лаборатории исследования социально-экономических проблем регионов Института экономики, управления и бизнеса Уфимского университета науки и технологий

Бахитова Раиля Хурматовна, д-р экон. наук, заведующий кафедры «Цифровой экономики и коммуникации» Института экономики, управления и бизнеса Уфимского университета науки и технологий

Абзалилова Лия Рашитовна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Цифровой экономики и коммуникации» Института экономики, управления и бизнеса Уфимского университета науки и технологий

Девяткова Галина Ивановна, д-р мед. наук, профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения № 2 с курсом информатизации здравоохранения Пермского государственного медицинского университета имени академика Е.А. Вагнера

Падения являются серьезной проблемой для северных стран в зимний период. Целью исследования являлось моделирование числа падений в городской среде в зимний период. Особое внимание уделялось закономерностям концентрации падений в различных типах городских сред. Анализ проведен на недельных данных о числе падений в Перми за 4 зимы

2015-2019 в разрезе 82 субрайонов. В качестве факторов рассматривались доля специальных зон (промышленные, студенческие городки, больницы), доля территории малоэтажной застройки, количество торговых точек, количество объектов питания. Анализ показал значимое влияние на снижение числа падений доли территории занятой специальными зонами и малоэтажной застройкой. Рост количества объектов розничной торговли способствовало росту числа падений. Учитывая вышеизложенное, следует учитывать особенности городской застройки для отдельных профилей политики по предотвращению падений на открытом воздухе.

**Ключевые слова:** падения; характеристика городской среды; пространственная панельная модель; прогнозирование травм

## 1. Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения падения являются второй по значимости причиной смерти в результате непреднамеренных травм в мире [1]. Для северных стран таких как Норвегия, Швеция, США, Канада, Россия, проблема падений является более серьезной: эти страны имеют более высокие значения травм от падений, чем другие страны [10].

Фактором более высокого числа падений в этих странах северного полушария являются погодные условия, в зимнее время проявляющиеся в низких температурах и резких их перепадах, снегопадах, метелях, гололедных явлениях [16, 24]. С целью исследования их связи с падениями проводятся многочисленные исследования [8, 9, 11, 12, 13, 16, 18, 20, 24]. Они показывают, что высокие риски падений возникают когда температура воздуха немного ниже 0 °С [11, 12], температура поверхности ниже точки росы [16]. Приводятся и более точные оценки, в том числе отмечается высокий риск падений при температуре  $-7$  to  $-0.7$  °С [24], который снижается когда температура падает ниже  $-9.4$  °С [13]. Важно не просто снижение температуры, а его снижение в условиях выпадающих осадков или после них. Отмечается, что число падений возрастает когда идет снег впервые или несколько дней продолжается небольшой снегопад [11]. Другие отмечают, что не обязательно д.б. снег, могут быть осадки в любой форме [12]. Еще одним фактором падений является сильный ветер [14, 24].

Несмотря на значимость и широкое обсуждение связи погодных условий и числа непреднамеренных падений на улице, погодные условия слабо объясняют причины различного числа падений в разных районах одной территории, т.к. внутри одного поселения различия погоды не велики. В поисках объяснения различий в уровнях травматизма, ученые обращают внимание на географию распределения травм, с тем чтобы понять какие факторы территории могли оказывать на это влияние и сформировать рекомендации для таких территорий. Эти исследования показывают, что самое высокое значение падений фиксируется в наиболее густонаселенных частях [6], центральных частях поселений [27]. Они ассоциируются с конкретными характеристиками застроенной среды: дорогами смешанного типа, автобусными остановками [6], с плотной жилой застройкой, розничными магазинами [19].

Наличие пространственно определенности непреднамеренных травм, способствует активному внедрению в анализ методов пространственного моделирования [23]. Однако пока эти методы ограничено применяются для анализа падений [21, 23, 25]. При этом имеются пробелы в отношении определения связи между исходом травмы и географией, а наборы данных для обширных исследований ландшафта травм малодоступны [25].

В тоже время, индивидуальные, свойственные отдельным районам особенности среды определяют важной разработки для них индивидуальных решений [4, 15, 26], успешное внедрение которых позволит снизить травматизм в целом.

Текущее исследование концентрирует внимание на падениях в зимний период в городе Перми в 2015 - 2019г. Целью исследования является моделирование числа падений в городской среде в зимний период. Особое внимание уделено закономерностям концентрации падений в различных типах городских микрорайонов.

## 2. Данные и методы

В работе рассматриваются данные о падениях в зимний период в Перми, полученные от Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Пермская городская станция скорой медицинской помощи» и содержат сведения о дате и месте падения обратившихся за помощью людей. Как и в других исследованиях эти данные не содержат сведения обо всех падениях, а только о тех которые потребовали оказания медицинской помощи [12]. Многие люди не обращаются за медицинской помощью в случае легких травм, поэтому их количество неизвестно. Таким образом в работе рассматриваются тяжелые случаи падений.

Данные о падениях были получены в детализации день и место падения. Всего за 4 зимних периода 2015-2019гг было зафиксировано 3761 падение. Больше всего падений наблюдалось зимой 2015-2016гг.: 34,1% от всех падений. Среди травм чаще всего фиксировались повреждение мягких тканей (27,7% падений) и травмы НОГ различной локализации (27,6% падений). Для целей моделирования данные были сгруппированы по неделям в панель содержащую 840 периодов в разрезе 82 микрорайонов Перми.

Территория Городского округа Пермь разнообразна по типам ее использования. Административный центр города насыщен общественными пространствами: культурные и исторические объекты, государственные учреждения, магазины и точки питания. Для того чтобы учесть их в модели с <https://www.openstreetmap.org/> были собраны сведения об объектах инфраструктуры:

- количество зданий;
- количество торговых точек розничной торговли (включая все типы магазинов);
- количество объектов питания (рестораны, бары, кафе, точки быстрого питания).

Далее для каждого района была оценена доля его площади занятая:

- малоэтажными домами;
- специальными зонами, такими как территории промышленных предприятий, портов и железной дороги. Также здесь были учтены территории студенческого городка, санаториев и других крупных зон с огороженной территорией и особыми условиями функционирования (Таблица 1).

Таблица 1. Характеристика показателей, включаемых в модель

Наименование	Обозначение	Минимум	Максимум	Средняя	Стандартное отклонение
Падения, ед.	Y	0	16	0,33	0,9
Количество строений, ед.	X <sup>1</sup>	60	1914	474,8	365,3
Доля территории занята специальными зонами, %	X <sup>3</sup>	0	100	10	25
Доля территории малоэтажной застройки, %	X <sup>2</sup>	0	100	38	41
Количество торговых точек, ед.	X <sup>4</sup>	0	235	29,2	41,7
Количество объектов питания, ед.	X <sup>5</sup>	0	177	6,8	20,6

С целью исключения мультиколлинеарности факторов был проведен VIF- анализ.

Моделирование связи падений и характеристик городской среды довольно сложная задача, требующая учета изменений различных параметров во времени и пространстве. Наиболее подходящим инструментом в этом случае является пространственная панельная модель (Spatial panel data model) вида:

$$\begin{aligned}
 Y_{NT} &= \lambda W Y_{NT} + \beta_1 X_{NT}^1 + \beta_2 X_{NT}^2 + \beta_3 X_{NT}^3 + \beta_4 X_{NT}^4 + \beta_5 X_{NT}^5 + u_{NT} \\
 u_{NT} &= \rho W u_{NT} + \varepsilon_{NT} \\
 \varepsilon_{NT} &= (\varepsilon_T \otimes I_N) \mu_N + v_{NT}
 \end{aligned}$$

где Y<sub>NT</sub> обозначает вектор наблюдений (i=1..N) зависимой переменной (в нашем случае падения на открытом воздухе) в период t, t=1..T; X<sub>NT</sub> рассматриваемые независимые факторы,

перечисленные в таблице 1;  $u_{NT}$  — ошибка модели;  $W$  — матрица смежности размера  $N \times N$ ;  $\lambda$  — коэффициент пространственного лага зависимой переменной;  $\beta_1$ - $\beta_5$  — коэффициенты при факторах;  $\rho$  — коэффициент пространственной ошибки;  $\mu_N$  — вектор неизменяемых во времени индивидуальных специфических эффектов;  $v_{NT}$  — вектор случайных ошибок размером  $NT \times 1$ .

Матрица смежности была построена в два этапа. На первом этапе была сформирована матрица весов смежности первого порядка по методу ферзя, для которой  $W = 1$  если микрорайоны оцениваются как соседние  $W = 0$  если иначе. Однако она не учитывала наличие рек и особенности схем автодорог. Поэтому на втором этапе были удалены те связи которые в реальности не существовали из-за водной или лесной преграды.

В настоящее время существует довольно широкий спектр возможных спецификаций пространственных моделей, предусматривающих различные подходы к оценке эффектов [3, 5, 7, 17]. Выбор наиболее подходящей спецификации предусматривает проведение специальных тестов, среди которых можно выделить модифицированный тест Хаусмана для пространственных моделей (Hausman test for spatial models), применяющийся для выбора альтернативы случайных или фиксированных эффектов, Множественный тест Лагранжа (Lagrange multiplier tests), для тестирования наличия случайных или пространственных эффектов тест Балтаги-Сонга-Кохы (Baltagi, Song and Koh LM test) для выбора спецификации пространственного лага и/или пространственной ошибки [5, 7]. С учетом результатов тестов была построена модель. Оценки проводились с помощью generalized method of moments (GMM) function [3]. Расчеты выполнялись в R: библиотеки “splm”, “sf”, “spdep”.

### 3. Результаты

Анализ данных показал значительную вариацию районов по числу травм. За рассматриваемый период в 8 микрорайонах города не было зафиксировано ни одной травмы, в 14 микрорайонах 1-5 падений за весь анализируемый период. В 4 микрорайонах зафиксировано более 200 падений. Наибольшее число травм фиксировалось в центральных микрорайонах города.

VIF- анализ показал, что включаемые факторы не мультиколлинеарны (рис.1).

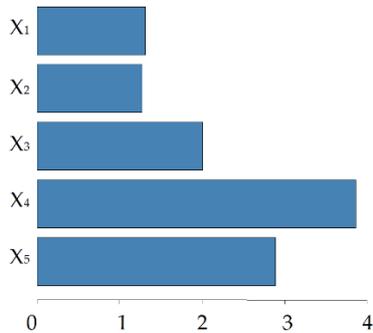


Рис. 1. Результаты VIF- анализа

Проведенные тесты на спецификацию показали целесообразность построения моделей с фиксированными эффектами, при этом отметили значимость как пространственных так и случайных эффектов (Таблица 2).

Таблица 2. Результаты тестов на спецификацию моделей

Наименование теста	Результат теста	Вывод
Hausman test for spatial models (lag dependence)	$\chi^2 = NA$ ; p-value = NA	Предпочтение отдается моделям с фиксированными эффектами
Hausman test for spatial models (error dependence)	$\chi^2 = 28,1$ ; p-value <0,001	

Hausman test for spatial models (lag and error dependence)	$\chi^2 = 36,7$ ; p-value <0,001	
LM test for spatial lag dependence	LM = 1049,5; p-value <0,001	Все варианты учета пространственных эффектов значимы
LM test for spatial error dependence	LM = 1279,2; p-value <0,001	
Locally robust LM test for spatial lag dependence sub spatial error	LM = 22.162; p-value <0,001	
Locally robust LM test for spatial error dependence sub spatial lag	LM = 28.15; p-value <0,001	
Baltagi, Song and Koh LM-H one-sided joint test	LM-H = 5538,1; p-value <0,001	
Baltagi, Song and Koh SLM1 marginal test	LM1 = 65,1; p-value <0,001	Присутствуют случайные эффекты
Baltagi, Song and Koh LM2 marginal test	LM2 = 36,0; p-value <0,001	Присутствует пространственная автокорреляция
Baltagi, Song and Koh LM*-lambda conditional LM test (assuming $\sigma^2_{\mu} \geq 0$ )	LM*-lambda = 39,0; p-value <0,001	Присутствует пространственная автокорреляция
Baltagi, Song and Koh LM*-mu conditional LM test (assuming lambda may or may not be = 0)	LM*-mu = 81,96; p-value <0,001	Присутствуют случайные эффекты

Чтобы оценить какие характеристики городской среды оказали влияние были построены несколько моделей (Таблица 3).

Таблица 3. Результаты оценки моделей

Наименование	Модель пространственного лага	Модель пространственной ошибки	Модель пространственного лага и ошибки
Intercept	0,0581	0,2164***	0,1099
Количество строений	0,0001	0,0001	0,0001
Доля территории занятая специальными зонами	-0,2377*	-0,3153***	-0,2725**
Доля территории малоэтажной застройки	-0,1853*	-0,3016***	-0,2374**
Количество торговых точек	0,0065***	0,0068***	0,0068***
Количество объектов питания	-0,0002	0,0003	0,0000
Spatial lag	-0.35***		0,23**
Spatial error		0,37	0,1817
Логарифм правдоподобия	-16075,1205	-14137,0337	-13668,3819

AIC	32166,2411	28288,0674	27352,7639
BIC	32225,028	28339,5059	27411,5507

Notes: \*\*\* $p < 0.01$  \*\*  $p < 0.05$  \*  $p < 0.1$

Предсказательная сила полученных моделей не высокая, что указывает на то что имеются другие факторы оказывающие значительное влияние на частоту падений. Однако для всех построенных моделей значимое влияние оказывают доля территории занятая специальными зонами, доля территории малоэтажной застройки и количество торговых точек.

#### 4. Обсуждение

Особенностью северных регионов являются суровые погодные условия (низкие температуры, снег и лед), часто определяющие сезонные различия в количестве регистрируемых непреднамеренных травм в сравнении с южной полосой. В рамках текущего исследования внимание уделено только характеристикам среды. Как следствие, отсутствие структурированных во времени данных о погоде, предположительно оказало значительное влияние на предсказательную возможность модели. Очевидно что для одной и той же территории значимое различие в частоте падений будет зависеть именно от погоды. В тоже время в рамках текущего исследования были рассмотрены 5 показателей, характеризующих городскую среду. Среди учтенных факторов только три показали статистическую значимость.

Количество магазинов/ресторанов фактически учитывают интенсивность потоков людей. Промежуточные расчеты позволили установить, что каждый из этих показателей в отдельности значимо влияет на частоту падений. Чем больше ресторанов и магазинов находится в районе тем выше число падений. Этот результат в целом соответствует выводам полученным ранее указывающими на то что наиболее распространенными местами падения на открытом воздухе являются районы розничных магазинов, которые привлекают большое количество пешеходов и способствуют концентрации населения [2, 6, 19, 22]. Отмечается, что близость к услугам/объектам способствуют увеличению количества пешеходов, но ведут меньшей безопасности [11]. Возможно именно высокая концентрация магазинов в центрах городов, определяло и более высокие риски падения в центральной части города в других исследованиях [27].

Места торговли и места проживания часто не совпадают. Наряду с объектами торговли и питания, высокая концентрация населения может быть отмечена вне центральной части города – в местах проживания. В отсутствии официальной статистики о числе проживающих в разрезе 82 микрорайонов Перми, в работе учитывалось число строений. В итоговой модели показано, что число строений не значимо (Таблица 3). Здесь необходимо сделать некоторые пояснения. Само значение числа строений не корректно отражает плотность заселения, т.к. число строений не учитывает их этажность, т.е. заселенность. Для того чтобы учесть различия между многоэтажной и малоэтажной застройкой, в модель была включена переменная отражающая Долю малоэтажной застройки. Она указала, что чем выше доля малоэтажной застройки, тем меньше число падений. Соответственно чем выше доля многоэтажных строений, тем выше плотность проживания населения, тем больше стоит ожидать падений. Это согласуется с исследованиями показывающими что плотность населения тесно связана с непреднамеренными травмами [25].

В модели также показано, что чем выше доля специальных зон (например, промышленные предприятия, студенческие городки, медицинские учреждения, зоны портов и железной дороги), тем ниже число регистрируемых падений. Можно предположить, что в этих зонах действуют строгие правила по технике безопасности, контролируется очистка снега обеспечивающее более низкое количество травм. Этот результат согласуется с другим исследованием [19], показавшим более низкую частоту травм в промышленной зоне, чем в торговой.

#### 5. Заключение

Целью исследования явилось лучшее понимание географических условий распространения падений. Новые методы пространственного анализа, сочетающиеся с

современными методами регистрации и сбора данных, значительно расширяют возможности анализа, создавая условия для более широкого учета факторов падений.

Исследование выявило очевидную роль характеристик городской среды в частоте падения на открытом воздухе. В целом в промежуточных моделях отмечалось, что каждый фактор учитываемый отдельно от других оказывал влияние на частоту падений. Однако при совместном включении значимость проявлялась только для трех из пяти факторов. Полученные результаты указывают на то, что скопление людей возле объектов торговли определяет высокую частоту падений. В свою очередь, меньшее число падений отмечается в районах малоэтажной застройки и специальных зонах, таких как промышленные предприятия, студенческие городки, зоны портов.

Учитывая вышеизложенное, следует учитывать особенности городской застройки для отдельных профилей политики по предотвращению падений на открытом воздухе. Учет помимо погодных, дополнительно показателей городской среды, позволит уменьшить количество падений на открытом воздухе, вызывающих не только увечья для людей, но глобально сказывающихся на совокупном экономическом бремени общества.

**Источник финансирования:** Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (код научной темы FZWU-2023-0002).

**Funding source.** This work is supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (scientific code FZWU- 2023-0002).

### Список литературы

1. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/falls> (дата обращения: 1.11.2023г.)
2. Bamzar R., Ceccato V. The nature and the geography of elderly injuries in Sweden // *GeoJournal* 2015. № 80. P. 279–299. DOI: 10.1007/s10708-014-9552-z
3. Bivand R., Millo G., Piras G. A Review of Software for Spatial Econometrics in R // *Mathematics* 2021. № 9. P. 1276. DOI: 10.3390/math9111276
4. Bonander C., Holmberg R., Gustavsson J. et al. Model-based economic evaluation of ice cleat distribution programmes for the prevention of outdoor falls among adults from a Swedish societal perspective // *Injury Prevention*. 2022. № 28. P.125–130. DOI:10.1136/injuryprev-2021-044203
5. Bouayad A.S., Le Gallo J., Védrine L. Chapter 7: Spatial econometrics on panel data. in *Handbook of Spatial Analysis: Theory and Application with R*. Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE), 2018.
6. Ceccato V., Willems O. Temporal and spatial dynamics of falls among older pedestrians in Sweden // *Applied Geography*. 2019. Vol. 103. P. 122-133. DOI: 10.1016/j.apgeog.2018.12.007.
7. Croissant Y., Millo G. *Panel Data Econometrics with R*. - EU, USA: John Wiley & Sons Ltd, 2019. – 301 p.
8. Gao Ch., Holmér I., Abeysekera J. Slips and falls in a cold climate: Underfoot Surface, Footwear Design And Worker Preferences for Preventive Measures // *Applied Ergonomics*. 2008. № 39(3). P. 385-391. DOI: 10.1016/j.apergo.2007.08.001
9. Haney C. Beyond “Snow Shoveler's Infarction”: Broadening perspectives on winter health risks // *Geography Compass*. 2020. № 14:e12494. DOI: 10.1111/gec3.12494
10. Health for All (HFA) Family of Databases. [Электронный ресурс]. URL: <https://gateway.euro.who.int/en/hfa-explorer/> (дата обращения: 10 июня 2022).
11. Hippi M., Kangas M. Impact of Weather on Pedestrians' Slip Risk // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. № 19:3007. DOI: 10.3390/ijerph19053007
12. Hippi M., Kangas M., Ruuhela R., Ruotsalainen J., Hartonen S. Roadsurfpedestrian: a sidewalk condition model to pre-dict risk for wintertime slipping Injuries. *Meteorological Applications*. 2020. №27:e1955. DOI: 10.1002/met.1955

13. Huynh D., Tracy C., Thompson W., Bang F., McFaul S.R., Curran J., Villeneuve P.J. Associations between meteorological factors and emergency department visits for unintentional falls during Ontario winters // *Health Promotion and Chronic Disease Prevention in Canada*. 2021. № 41(12). P. 401-412. DOI: 10.24095/hpcdp.41.12.01
14. Jacobsen S. J., Sargent D. J., Atkinson E. J., O'Fallon W. M., Melton L. J. Population-based Study of the Contribution of Weather to Hip Fracture Seasonality // *American Journal of Epidemiology*. 1995. № 141(1). P. 79–83. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a117348
15. Lee S., Ye X., Nam J.W., Zhang K. The association between tree canopy cover over streets and elderly pedestrian falls: A health disparity study in urban areas // *Social Science & Medicine*, 2022. Vol. 306: 115169. DOI: 10.1016/j.socscimed.2022.115169.
16. Lépy É., Rantala S., Huusko A., Nieminen P., Hippí M., Rautio A. Role of winter weather conditions and slipperiness on tourists' accidents in Finland // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2016. № 13:822. DOI: 10.3390/ijerph13080822
17. Millo G. The generalized spatial random effects model in R // *Journal of Spatial Econometrics*. 2022. №3:7. DOI: 10.1007/s43071-022-00024-9
18. Mills B., Andrey J., Doherty S., Doberstein B., Yessis, J. Winter storms and fall-related injuries: Is it safer to walk than to drive? // *Weather, Climate, and Society*. 2020. № 12(3). P. 421-434. DOI: 10.1175/WCAS-D-19-0099.1
19. Morency P., Voyer C., Burrows S., Goudreau S. Outdoor falls in an urban context: winter weather impacts and geographical variations // *Canadian Journal of Public Health*. 2012. № 103. P. 218–222. DOI: 10.1007/BF03403816
20. Ortiz C. R., Tenías J. M., Estarlich M., Ballester F. Systematic review of the association between climate and hip fractures // *International Journal of Biometeorology*. 2014. № 59(10). P. 1511–1522. DOI:10.1007/s00484-014-0945-y
21. Pu H., Li B., Luo D., Wang Sh., Wang Zh., Zhao W., Zheng L., Duan P. Impact of urbanization factors on mortality due to unintentional injuries using panel data regression model and spatial-temporal analysis // *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. № 27. P. 2945–2954. DOI: 10.1007/s11356-019-07128-0
22. Schepers P., den Brinker D., Methorst R., Helbich M., Pedestrian falls: A review of the literature and future research directions // *Journal of Safety Research*. 2017. Vol. 62. P. 227-234. DOI:10.1016/j.jsr.2017.06.020.
23. Singh H., Fortington L.V., Thompson H., Finch C.F. An overview of geospatial methods used in unintentional injury epidemiology. *Injury Epidemiology*. 2016. № 3:32. DOI: 10.1186/s40621-016-0097-0
24. Unguryanu T.N., Grjibovski A.M., Trovik T.A., Ytterstad B., Kudryavtsev A.V. Weather conditions and outdoor fall injuries in northwestern Russia // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. № 17:6096. DOI: 10.3390/ijerph17176096
25. Vaz E., Cusimano M.D., Bac, ão F., Dama´sio B., Penfound E. Open data and injuries in urban areas—A spatial analytical framework of Toronto using machine learning and spatial regressions // *PLoS ONE*. 2021. № 16(3): e0248285. DOI: 10.1371/journal.pone.0248285
26. Wu K., He S., Fernie G., Roshan Fekr A. Deep neural network for slip detection on ice surface // *Sensors*. 2020. № 20:6883. DOI: 10.3390/s20236883
27. Yiannakoulis N., Rowe B.H., Svenson L.W., Schopflochler D.P., Kelly K., Voaklander D.C. Zones of prevention: the geography of fall injuries in the elderly // *Social Science & Medicine*. 2003. № 57(11). P. 2065-2073. DOI: 10.1016/S0277-9536(03)00081-9