

УДК 502/504

В. М. ГАВРИЛЕНКО, канд. фіз.-мат. наук, **Д. В. ГУЛЕВЕЦЬ**, **О. В. КОХАН**,
Я. І. МОВЧАН, д-р біол. наук, проф.

Національний авіаційний університет
просп. Космонавта Комарова, 1, Київ, 03058, Україна.
E-mail: interecocentre@gmail.com

РОЗРАХУНКОВІ МОДЕЛІ ДЛЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕКОБЕЗПЕКИ У МІСЦЯХ ДОРОЖНЬО–ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД «НАЇЗД НА ТВАРИН» НА АВТОДОРОГАХ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Для моніторингу за дорожньо-транспортними пригодами, які мають вид «наїзд на тварин» (ДТП НТ) у програмі ГУГЛ ЗЕМЛЯ (Google Earth) створений електронний контур екологічного коридору (екокоридору) для тварин, якій перетинає автодорогу Т1702 між селищами Чернещина та Городне Краснокутського району Харківської області. Для цього контуру підготовлені розрахункові (прогностичні) таблиці з 19 варіаціями моделей, у яких різні площі фрагментації і відповідно різні, при розрахунку, параметри фрагментації: ефективний розмір сітки, ефективна щільність клітинки, ступінь ландшафтного розподілу. Дослідження визначає роль параметрів фрагментації для системи моніторингу ДТП «наїзд на тварин».

Ключові слова: ефективний розмір клітини (сітки), ефективна щільність клітинки, ДТП «наїзд на тварин»

Gagrilenko V. M., Gulevets D. V., Kokhan O. V., Movchan Ya. I. THE ESTIMATION MODEL FOR THE MONITORING SYSTEM OF ECOSAFETY IN PLACES OF TRAFFIC ACCIDENTS WITH ANIMALS ON THE ROAD KHARKIV REGION

For monitoring road traffic accidents with animals or animal vehicle collision (RTAA/AVC) in the program GOOGLE EARTH was created electronic contour of ecological corridor for animals, which crosses the road T1702 between the villages of Cherneschina and Gorodne, Krasnokutsk district, Kharkiv region. For this contour was prepared by the estimated (forecast) table 19 variations of the models that will be of various sizes of fragmentation varies accordingly, in the calculation, the parameters of fragmentation: effective mesh size, the effective density of the mesh, the degree of landscape distribution. The research was studying the of the role of fragmentation settings for the monitoring system for road traffic accidents with animals.
Keywords: effective mesh size, the effective density of the mezh, an road traffic accident with animals"

Гавриленко В. М., Гулевец Д. В., Кохан О. В., Мовчан Я. І. РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ СИ- СТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭКОБЕЗОПАСНОСТИ В МЕСТАХ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ «НАЕЗД НА ЖИВОТНЫХ» НА АВТОДОРОГАХ ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Для мониторинга за дорожно-транспортными происшествиями, которые имеют вид «наезд на животных» (ДТП НТ) в программе ГУГЛ ЗЕМЛЯ создан электронный контур экологического коридора (екокоридору) для животных, которой пересекает автодорогу Т1702 между поселками Чернещина и Городное Краснокутского района Харьковской области. Для этого контура подготовлены расчетные (прогностические) таблицы с 19 вариациями моделей, в которых разные площади фрагментации и соответственно разные, при расчете, параметры фрагментации: эффективный размер сетки, эффективная плотность ячейки

ступень ландшафтного розподілення. Исследование определяет роль параметров фрагментации для системы мониторинга ДТП «наезд на животных».

Ключевые слова: эффективный размер сетки, эффективная плотность ячейки, ДТП «наезд на животных»

Вступ

Актуальність роботи. В Україні дорожно-транспортні пригоди з видом «наїзд на тварин» реєструє ДАІ МВС: у Полтавській області за період з 25.04.2006 р. до 09.10.2014 р. було скоєно 712 ДТП НТ, травмовано 14 осіб; у Запорізькій області з 25.06.2006 р. до 09.10.2014 р. було скоєно 1356 ДТП НТ, травмовано 4 особи та пошкоджено біля 1050 автотранспортних засобів. За статистикою найбільш частим видом пошкоджень автомобіля є передня центральна або передня права частина, наприклад якщо є вм'ятина, ремонт якій мінімально для одного виду коштує біля 600 грн., то для 1050 автотранспортних засобів, то загальна сума витрат тільки для одного виду пошкоджень складає 630 000 грн, загальна

сума витрат на відшкодування травмування може досягати до 3000 грн., що для 14 осіб складає 42000 грн. Вищезазначені наслідки ДТП НТ та кількість витрат на їх відшкодування викликають погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я людей, що разом створює обставини при яких не забезпечується екологічна безпека і відповідно необхідно прийняти заходи, що допоможуть забезпечити попередження виникнення ДТП НТ або передбачити можливі місця їх скоєння [1].

Метою цього дослідження є розрахунок параметрів фрагментації, як індикаторів точок ризику ДТП НТ в межах для екокоридорів з різною площею фрагментації.

Матеріал і результати досліджень

У зв'язку з вищевказаними обставинами виникає завдання щодо включення до системи моніторингу за скоєнням ДТП НТ не тільки статистичних даних щодо аварій, місця існування тварин, шляхи їх міграції, а також картографічних матеріалів та розрахункових (прогностичних) таблиць з моделями. Вони є інструментом, якій вказує на місця, де вже відбулися ДТП НТ, а також визначити місця на картах автодоріг, де можуть відбутися переходи тварині і де виникає ризик нових ДТП НТ. Навколо визначеного місця можливого переходу створюється контур екологічного коридору для тварин (екокоридору), якій має ширину не менш 100 м та довжину до 20 км. Для вказаного екокоридору підготоване 19 варіацій – моделей які мають однакову площу території, але різну величину фрагментованих територій, що знаходяться в межах його контуру і не придатні для міграцій тварин. Для кожної моделі є своя площа фрагментації, яка входить до території екокоридору і поступово збільшується від 1 моделі до 19 моделі розрахунку на однакову величину. Якщо контур території екокоридору перетинає автодорогу і має в собі населені пункти, автодороги, орні землі, то він є фрагментованим, тобто розділений на дрібні області, так звані патчі [2], що зни-

жує вірогідність того, що тварина зможе перейти автодорогу у цьому місті, а якщо така ділянка має на своїй території: ліс, луки, водно-болотні угіддя, пасовища, то така ділянка нефрагментована і вірогідність переходу автодороги максимально збільшується. Місце перетину автодороги твариною є центром перехрестя автодороги та екокоридору і є точкою ризику скоєння ДТП НТ. При цьому рівень фрагментації буде характеризуватися параметрами фрагментації екокоридорів, і які в свою чергу будуть залежить від площі фрагментованих територій, які знаходяться в контурі екокоридору. Необхідно визначити параметри які можуть бути інструментом для розрахунку рівня фрагментації екокоридору. Чим більше параметр фрагментації тим менше вірогідність переходу автодороги твариною у цьому місті, і навпаки. Тобто параметри фрагментації можуть допомогти спрогнозувати вірогідність перетину автодороги у цьому місці та встановити ризик скоєння ДТП. У [3] було запропоноване використати наступні параметри, які характеризують рівень фрагментації: а). Ступінь узгодженості C визначається, як вірогідність того, що дві тварини, розміщені у в різних областях патча можуть знайти один одного, і якій можна розрахувати за формулою (1). б.)

Ефективна щільність клітинки SPLI визначає яку кількість однакового розміру клітинок може вмістити в собі ділянка, у рамках дослідження, і яку можна розрахувати за формулою (2); с) Ефективний розмір сітки M визначає ймовірність того, що дві випадково вибраних точки у ландшафті будуть знаходитися в одній клітинці і якій можна розрахувати за формулою (3); d) Ступінь ландшафтного розподілу D визначається, як ймовірність того, що два випадково вибраних місця в патчі не перебувають в нерозподілених автодорогою частинах, і якій можна розрахувати за формулою (4). Вищевказані параметри використовуються Європейським екологічним агентством (European Environment Agency) для оцінки фрагментації автодорогами ландшафтів у країнах Європі і є нормативом при будівництві автодоріг [4]. Наприклад, ефективний розмір клітини (сітки) в Швейцарії знизився з 1885 з 580 км² до 176 км². Відповідно, ефективна щільність клітинок (сітки) зростає протягом цього періоду часу від 1,7 до 5,7 сіток на 1000 км² [5].

Для вирішення мети дослідження побудовано контур території екокоридору у формі прямокутника, на карті у програмі Гугл Земля, який проходить через автодорогу і допоможе змоделювати рівень фрагментації в екокоридорі, коли тварина зможе викори-

стати його для переходу автодороги. Для цього, контур території екокоридору розділяється в програмі Гугл Земля (Google Earth) контуром автодороги на дві частини: №1 з площею S₁ та №2 з площею S₂ і для якого буде розраховані параметри фрагментації за формулами, які розташовані нижче:

$$C = \frac{n}{i=1} \frac{S_i}{S_t}^2 \quad (1)$$

$$SPLI = \frac{S_t}{\sum_{i=1}^n S_i^2} \quad (2)$$

$$M = \frac{S_t}{SPLI} \quad (3)$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_t}^2 \quad (4)$$

де S_t – площа території екокоридору, S₁, S₂ – площі частин №1 та частин №2 території екокоридору, S_{1r} = S₁ – S_{1f} та S_{2r} = S₂ – S_{2f} – площі частин №1 та частин №2 екокоридору без фрагментованих територій, які розділені контуром автодороги, n – кількість ділянок в екокоридорі. Для даного дослідження n = 2.

Для проведення дослідження був використаний контур екокоридору через автодорогу Т1702 між селищами Чернечина та Городне Краснокутського району Харківської області (рис 1). Цей екокоридор був вибраний бо мав низку фрагментацію, довжину 18 км та незмінну ширину 1,7 км вдовж всієї довжини.

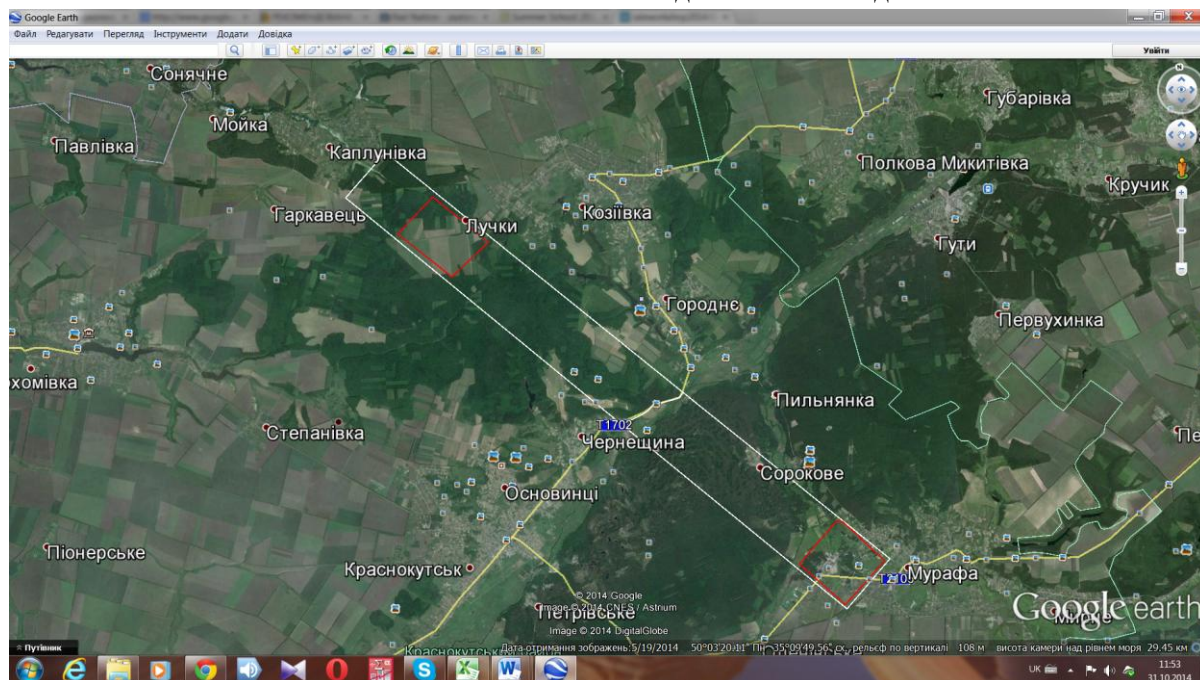


Рис. 1 – Контур екокоридору через автодорогу Т1702 між селищами Чернечина та Городне Краснокутського району Харківської області в програмі Гугл Земля (Google Earth)

Тому контур екокоридору був взятий як зразок, за допомогою якого було змодельоване розрахунок параметрів фрагментації для 19 варіацій екокоридору, кожний з яких має свій порядковий номер N та має в межах свого контуру різну площу території, яка фрагментована: міста, селища, городи навколо селищ, орні землі. При переході від моделі $N=1$ моделі до моделі $N=19$ величина S_{1f} та S_{2f} поступово збільшуються на однакову величину для кожної моделі, таким чином щоб можна було подивитися

зміну величин параметрів фрагментації від площі території, яка фрагментована. Для зручності та точності у проведенні розрахунків параметрів фрагментації, була побудована розрахункова (прогностична) таблиця для моделей (табл.), яка складається із наступних стовпців: N – номер моделі, S_1 – площа ділянки №1 екокоридору, S_{1f} – площа ділянки №1 екокоридору, яка фрагментована; S_{1r} – площі ділянки №1 екокоридору без фрагментованих територій,

Таблиця

Розрахункова (прогностична) таблиця для розрахунку моделей екокоридорів

N	S_1	S_{1f}	S_{1r}	S_2	S_{2f}	S_{2r}	S_t	S_R	C	M	$SPLI$	D
1	18,139	0	18,139	18,139	0	18,139	36,279	0	0,5	18,139	2	0,5
2	18,139	1	17,139	18,139	1	17,139	36,279	5,513	0,446	16,195	2,24	0,554
3	18,139	2	16,139	18,139	2	16,139	36,279	11,026	0,396	14,36	2,526	0,604
4	18,139	3	15,139	18,139	3	15,139	36,279	16,539	0,348	12,636	2,871	0,652
5	18,139	4	14,139	18,139	4	14,139	36,279	22,051	0,304	11,021	3,292	0,696
6	18,139	5	13,139	18,139	5	13,139	36,279	27,564	0,262	9,518	3,812	0,738
7	18,139	6	12,139	18,139	6	12,139	36,279	33,077	0,224	8,124	4,466	0,776
8	18,139	7	11,139	18,139	7	11,139	36,279	38,59	0,189	6,841	5,303	0,811
9	18,139	8	10,139	18,139	8	10,139	36,279	44,103	0,156	5,668	6,401	0,844
10	18,139	9	9,139	18,139	9	9,139	36,279	49,616	0,127	4,605	7,878	0,873
11	18,139	10	8,139	18,139	10	8,139	36,279	55,129	0,101	3,652	9,933	0,899
12	18,139	11	7,139	18,139	11	7,139	36,279	60,641	0,077	2,81	12,911	0,923
13	18,139	12	6,139	18,139	12	6,139	36,279	66,154	0,057	2,078	17,459	0,943
14	18,139	13	5,139	18,139	13	5,139	36,279	71,667	0,04	1,456	24,914	0,96
15	18,139	14	4,139	18,139	14	4,139	36,279	77,18	0,026	0,945	38,406	0,974
16	18,139	15	3,139	18,139	15	3,139	36,279	82,693	0,015	0,543	66,77	0,985
17	18,139	16	2,139	18,139	16	2,139	36,279	88,206	0,007	0,252	143,778	0,993
18	18,139	17	1,139	18,139	17	1,139	36,279	93,719	0,002	0,072	506,901	0,998
19	18,139	18,139	0	18,139	18,139	0	36,279	100	0	0	#ДЕЛ/0!	2

де $S_{1r} = S_1 - S_{1f}$; S_2 – площа ділянки №2 екокоридору; S_{2f} – площа ділянки №2 екокоридору, яка фрагментована; S_{2r} – площі ділянки №2 екокоридору без фрагментованих територій, $S_{2r} = S_2 - S_{2f}$; S_t – площа суми ділянок №1 та №2 екокоридору; S_R – % величини S_R у території екокоридору S_t ; C – ступінь узгодженості; $SPLI$ – ефективна щільність клітинки; M – ефективний розмір сітки; D – ступінь ландшафтного розподілення. Перевірка та тестування розрахункової (прогностичної) таблиці була перевірена згідно зразків розрахунку [3, 4].

На підставі розрахункової (прогностичної) таблиці для розрахунку моделей екокоридорів були отримані наступні результати. Ступень узгодженості C зменшу-

ється від моделі $N1$ до $N19$. Від моделі $N1$ до $N6$ зменшення C можна вважати лінійним, що підтверджується дотичної C' , яка співпадає з лінією функції C . А після моделі $N6$ відбувається перегин ступеню узгодженості C , і вже від моделі $N7$ до $N19$ зменшення відбувається ще повільніше. Перегин ступеню узгодженості C , якій відбувається після моделі $N6$, можна використати як межу до якій екологічний коридор може використовуватися тваринами для переходу, а після моделі $N6$ вірогідність переходу різко зменшується (Рис. 2).

Ефективна щільність клітинки $SPLI$ збільшується від моделі $N1$ до $N19$. Від моделі $N1$ до $N13$ збільшення $SPLI$ можна вважати лінійним, що підтверджується до-

тичної $SPLI'$, яка співпадає з лінією функції $SPLI$. А після моделі $N13$ починається перегин ступеню узгодженості $SPLI$, і вже від моделі $N14$ до $N19$ відбувається різкий скачок. Перегин ефективної щільності клітинки $SPLI$, якій відбувається після моделі $N13$, можна використати як межу до якій екологічний коридор буде придатним для переходу автодороги тваринами, а після моделі $N13$ вірогідність переходу різко зменшується (Рис. 3).

Ефективний розмір клітинки (сітки) M збільшується від моделі $N1$ до $N19$. Від моделі $N1$ до $N6$ збільшення M можна вважати лінійним, що підтверджується дотичної M' , яка співпадає з лінією функції M . А після моделі $N6$ відбувається вигин ефекти-

вного розміру клітинки (сітки) M , і вже від моделі $N6$ до $N19$ відбувається повільне наближення до 0 . Перегин ефективного розміру клітинки (сітки) M , якій відбувається після моделі $N6$, можна використати як межу до якій екологічний коридор буде придатним для переходу автодороги тваринами, а після моделі $N6$ вірогідність переходу різко зменшується (Рис. 4).

Ступінь ландшафтного розподілення D збільшується від моделі $N1$ до $N19$. Від моделі $N1$ до $N10$ збільшення D можна вважати лінійним, що підтверджується дотичної C' , яка співпадає з лінією функції D . А після моделі $N10$ відбувається вигин ступеню ландшафтного розподілення D , і вже від моделі $N11$ до $N19$ відбувається уповіль-

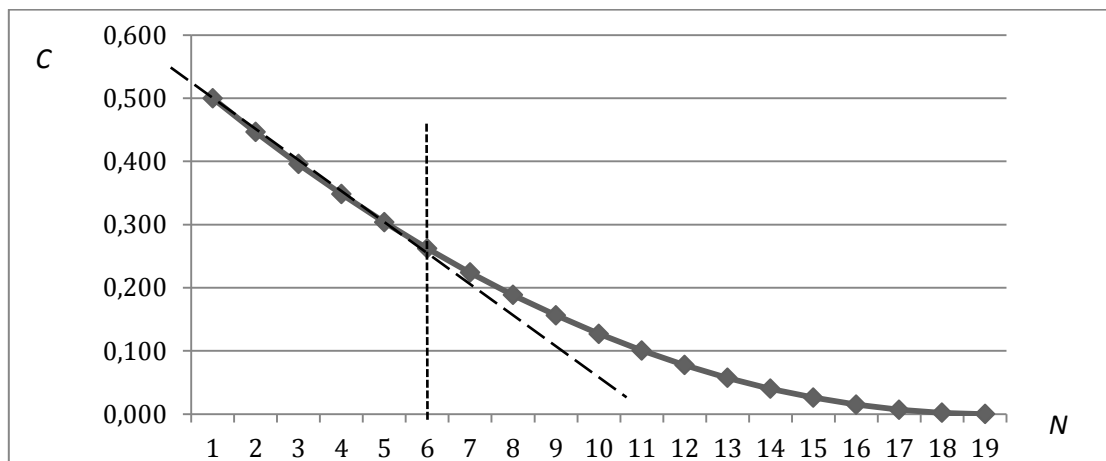


Рис. 2 – графік розрахунку ступеня узгодженості C для моделей від $N=1$ до $N=19$

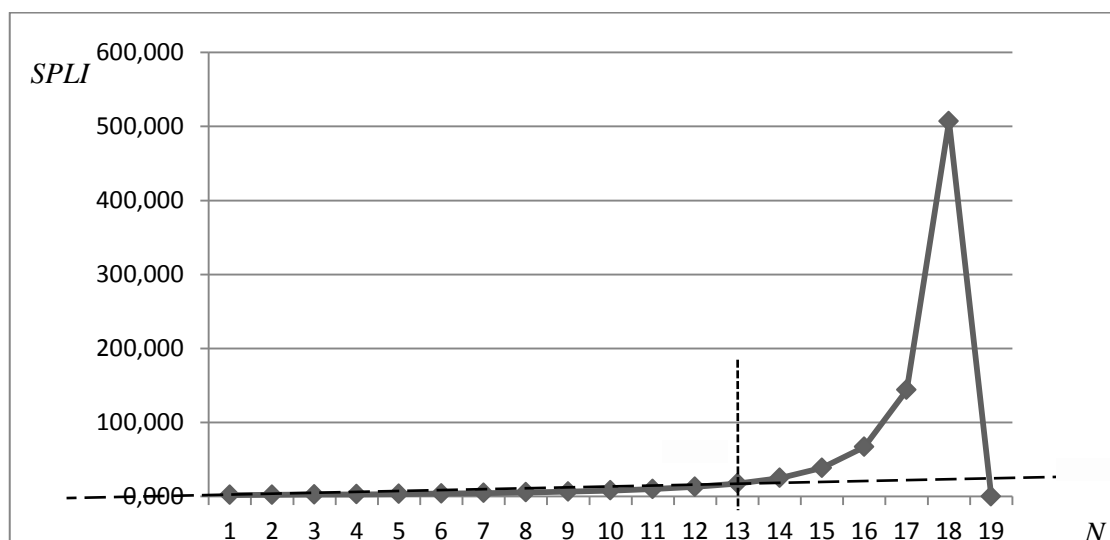


Рис. 3 – графік розрахунку ефективної щільності клітинки (сітки) $SPLI$ для моделей від $N=1$ до $N=19$

нення його. Вигин ступеню ландшафтного розподілення D , якій відбувається після моделі $N10$, можна використати як межу до якій екологічний коридор може використо-

уватися тваринами для переходу, а після моделі $N10$ вірогідність переходу різко зменшується (Рис. 5).

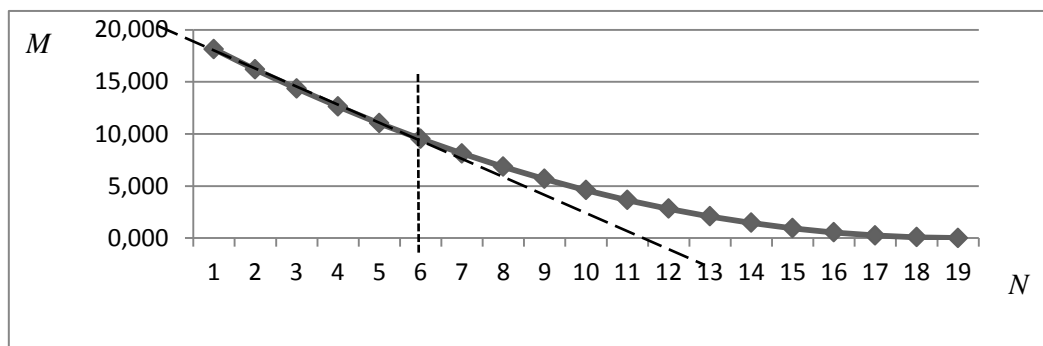


Рис. 4 – графік розрахунку ефективний розмір клітинки (сітки) M для моделей від $N=1$ до $N=19$

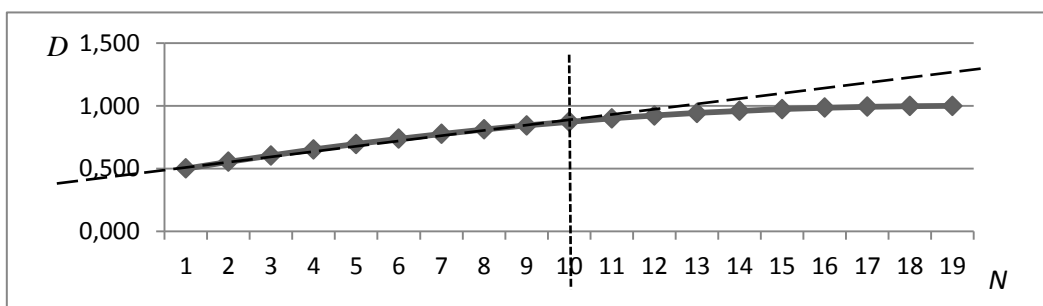


Рис. 5 – графік розрахунку ступеня ландшафтного розподілення D для моделей від $N=1$ до $N=19$

Висновки

Отримано результати розрахунку параметрів фрагментації S , $SPLI$, M та D які співпадають з даним у [4]. Показано, які параметри фрагментації оцінюють можливість та вірогідність використання тваринами переходу, відповідну модель, як екокоридору через автодорогу. Приведена оцінка кожного параметру для різних моделей екокоридорів (біопереходів). Надана методика може використовуватися для визначення ділянок на автодорозі, де може відбутися непередбачений вихід тварин на ав-

тодорогу, що привести до ДТП «наїзд на тварин». Моделі екокоридорів від $N1$ до $N6$ мають найбільшу вірогідність, моделі від $N7$ до $N13$ мають середню вірогідність, а моделі від $N14$ до $N19$ мають найнижчу вірогідність скоєння ДТП «наїзд на тварин». Запропоновані моделі можуть використовуватися для створення прогностичного модуля системи моніторингу з попередження ДТП «наїзд на тварин» та попереджувальних заходах при проектуванні автодоріг.

Література

1. Закон України від 25.06.1991 р. «Про охорону навколишнього середовища». – К., 2008.
2. Rutledge D. Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process? DOC Science Internal Series 98/ D. Rutledge. –Wellington:[б.в.], 2003. –27 p.
3. Jaeger Jochen A.G. Landscape Division, Splitting Index, and Effective Mesh Size: New Measures of Landscape Fragmentation// Landscape Ecology. – 2000. - №15. –P. 151-130.
4. Landscape Fragmentation in Europe. [Електронний ресурс]// Joint EEA-FOE report (EEA Re-

port no. 2/2011). – 2011.– 92 p. – Режим доступу до видання:

<http://www.eea.europa.eu/publications/landscape-fragmentation-in-europe> (31.10.2014). – Назва з екрану.

5. Implementing landscape fragmentation as an indicator in the Swiss Monitoring System Of Sustainable Development (Monet)./ J.A. Jaeger [and other] // [б.в.]. –2008. – № Sep. 88(4). – P.737-751.

Надійшла до редколегії 3.11.2014

