

УДК 574:004.942

doi:10.20998/2413-4295.2018.26.28

## ПРОЦЕДУРА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИСТЕМНЫХ КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕМАСКИРОВКИ КРЫС ПРИ ВИДЕОРЕГИСТРАЦИИ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

К. В. НОСОВ<sup>1\*</sup>, Ю. Г. БЕСПАЛОВ<sup>1</sup>, Е. В. ВЫСОЦКАЯ<sup>2</sup>, А. Н. СТРАШНЕНКО<sup>2</sup>,  
А. И. ПЕЧЕРСКАЯ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, УКРАИНА

<sup>2</sup> Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, УКРАИНА

\*email: k-n@nm.ru

**АННОТАЦИЯ** Статья посвящена определению системных колориметрических параметров демаскировки крыс (*Rattus norvegicus*) при видеорегистрации в городских условиях. Найдена комбинация значений колориметрических параметров, которая может сыграть роль системного колориметрического параметра, являющейся наиболее выраженной мерой пестроты защитной окраски *Rattus norvegicus*. Эффективность использования найденного системного колориметрического параметра была проверена обработкой полученного изображения крысы на фоне фрагмента городского пейзажа. Полученные результаты обработки изображения крысы показывают эффективность повышения контрастности силуэта животного, что увеличивает эффективность видео-регистрации численности и миграций серой крысы в условиях города.

**Ключевые слова:** серая крыса; защитная окраска; колориметрические параметры; обработка изображения; траектория системы; дискретные модели динамических систем; база данных

## DETERMINATION OF THE SYSTEMIC COLORIMETRIC PARAMETERS OF UNMASKING RATS AT VIDEOR REGISTRATION IN URBAN CONDITIONS

К. В. NOSOV<sup>1</sup>, Yu. G. BESPALOV<sup>1</sup>, O. V. VYSOTSKA<sup>2</sup>, H. M. STRASHNENKO<sup>2</sup>,  
A. I. PECHERSKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, UKRAINE

<sup>2</sup>Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, UKRAINE

**ABSTRACT** The relevance of the article is determined by threats to biobesopathy in urban conditions, which can be created by loss of control over the population of rats (*Rattus norvegicus*). The purpose of the study is to determine of the system colorimetric parameters of unmasking rats with video recording in urban conditions. Methods of solution. This goal is achieved by mathematical modeling of systemic colorimetric parameters of the rat's protective coloration. Exceeding these values over similar background values of the urban landscape fragments allows unmasking animals. Modeling is performed using new class of models – discrete models of dynamic systems, based on the actual image material *Rattus norvegicus*. Images taken from the Internet and processed using MatLab package. Results. A values combination of the colorimetric parameters are found that can play the role of the system colorimetric parameters, which is the most pronounced measure of the variegation of the *Rattus norvegicus* protective coloration. This value is entered in a specially created database, which contains information about the spatial coordinates of this segment in the image. The value of the specified color parameter for each segment during image processing is denoted by a conventional color. Placing a segment on an image is determined by its spatial coordinates entered in the database. The effectiveness of SCP using was verified by image processing of the rat against the background of a fragment of the urban landscape. Conclusions. The results of image processing of the rat show the effectiveness of contrast increasing of the silhouette of the animal, which increases the efficiency of video recording of numbers and migrations of the gray rats in urban conditions.

**Keywords:** gray rat; protective coloration; colorimetric parameters; image processing; trajectory of the system; discrete models of dynamic systems; database

### Введение

Серая крыса (*Rattus norvegicus*) является потенциальным резервуаром ряда опасных инфекционных заболеваний человека. В связи с этим контроль за численностью и распространением этих животных имеет важное значение для обеспечения биобезопасности. В частности – такой контроль

является необходимым элементом некоторых мероприятий в сферах санитарии, гигиены и ветеринарной медицины. Речь идет о мероприятиях по элиминации угроз эпидемий и эпизоотий.

В настоящее время существуют возможности широкого использования для контроля численности и распространения *Rattus norvegicus* таких высокотехнологичных методов как видеосъемка и

видеонаблюдение. Такие возможности особенно велики в городах, где роль крыс как потенциального источника вышеуказанных угроз биобезопасности достаточно велика.

Препятствием для эффективного использования в указанных целях систем видеонаблюдения является наличие у *Rattus norvegicus* защитной окраски.

Защитная окраска животных в настоящее время является популярным в среде биологов предметом изучения. Эта популярность обусловлена, в частности, удобством этого предмета для исследования ряда актуальных проблем фундаментальной биологии [1]. Речь идет о проблематике эволюционной теории вообще и адаптационных механизмов живых организмов в частности.

Окраска животных служит, наряду с задачами маскировки, также и другим целям (сигнализации, терморегуляции и т.д.) [1]. В данной статье, в частности, уделяется достаточно много внимания роли геометрических аспектов функционирования защитной окраски животных и отмечается сравнительно малая изученность проблемы роли многообразия в эффективности функционирования защитной окраски животных.

В работе [2] описывается влияние на маскирующие водных животных адаптационные механизмы некоторых специфических оптических параметров водной среды. В работах [3, 4] описываются связанные с маскировкой способы использования морскими животными биологического свечения и поляризации света.

Работы [5-7] посвящены соответственно: адаптационным механизмам, связанным с изменением цвета, более общим проблемам стратегий функционирования маскировки животных, более узкой проблеме реализации этих стратегий в разных частях морских акваторий.

В работах [8, 9] описываются сложившиеся в ходе эволюционного процесса отношения между развитием цветного зрения животных и их окраской, биохимическими и физиологическими механизмами ее формирования. Работа [10] посвящена оказывающим влияние на окраску параметрам генома популяции диких животных.

Результаты моделирования используемых с разными целями в водной среде факторов окраски рыб описаны в работе [11]. Функциональная классификация использования для межвидовой сигнализации окраски животными и растениями дана в работе [12]. В работе [13] освещена роль окраски насекомых в механизмах их терморегуляции.

Частный, но имеющий большое практическое значение (в том числе в рамках настоящей работы) аспект роли окраски краевых участков силуэта животного в разрушении целостного визуального восприятия его контура отмечается в работе [14]. Более общий аспект этой проблемы, связывающий

эффективность маскировки животного с комбинацией параметров цвета и рисунка отмечается в работах [6, 15]. Описание аспектов обработки мозгом зрительной информации, характер отношений которых влияет на скорость различных процессов визуального восприятия дано в работе [16].

Как указывалось выше сравнительно мало изучена проблема влияния степени вариации на параметры рисунка защитной окраски, что и отмечается в обзорной статье [1]. Можно предположить, что это связано с относительно слабой конкретной содержательной интерпретацией известного положения о положительном влиянии биоразнообразия на характер функционирования (в частности – на стабильность) живых систем. Определенный прогресс в этом направлении наметился в связи с разработкой Е. Н. Букваревой с соавторами [17] концепции оптимального многообразия. В этой концепции значительная роль отводится связи эффекта разнообразия системы с наличием в ней ресурсов.

В работе [18] в качестве меры многообразия предлагается количество стратегий использования системой ресурсов. В работе [19] предлагается более общий подход к использованию в качестве меры биоразнообразия количество стратегий функционирования системы. В работах [18, 19] указанные стратегии отождествляются с комбинациями значений параметров системы присутствующими в цикле изменений ее состояния. В указанных [18, 19] работах этот цикл наглядно представлен с помощью нового класса математических моделей – дискретных моделей динамических систем (ДМДС) [21-24].

В работе [19] показана возможность обработки с использованием ДМДС изображения животного (рыбы), повышающая его контрастность на фоне водного растительного сообщества. В описанном в данной работе [19] случае этот эффект достигается с использованием результатов анализа многообразия сочетаний колориметрических параметров этого растительного сообщества – местообитания рыбы. Эти результаты позволяют предложить метод компьютерной обработки, повышающий монотонность растительного фона, на котором повышается контрастность изображения животного.

В работах [18, 19] для наглядного представления множества стратегий системы используется идеализированная траектория системы (ИТС), построенная с помощью ДМДС.

Следует отметить, что ДМДС является эффективным инструментом, помогающим исследователю сформулировать некоторые положения, которые являются лишь рабочими гипотезами, которые в дальнейшем должны проверяться другими методами. Конкретно основания для этих рабочих гипотез относительно структуры и динамики исследуемых систем создаются следующим образом. На основе структуры корреляций значений

компонентов системы ДМДС позволяет построить структуру межкомпонентных и симметричных внутрикомпонентных отношений в ней, которые обусловлены позитивными и негативными влияниями. На основе этой структуры для определенных начальных условий может быть построена ИТС, отражающая цикл смены разных комбинаций значений компонентов системы. Этим комбинациям соответствуют столбцы матрицы, в форме которой представлена ИТС. Столбцы матрицы трактуются также как условные шаги по времени, последовательность которых представляет динамику системы. В работах [18, 19] эти комбинации трактуются как стратегии функционирования системы. В рамках настоящей работы такая матрица непосредственно не отражает динамики цикла изменения состояний какой-либо биологической системы. Она лишь представляет множество комбинаций значений колориметрических параметров (КП) защитной окраски *Rattus norvegicus*. В связи с этим термин ИТС далее по тексту заменяется термином «идеализированная псевдотраектория системы» (ИПТС).

Эволюционно указанное множество возникло как адаптация к множеству комбинаций значений КП растительных сообществ в природных местах обитания этих животных. Соответствие многообразия значений КП защитной окраски крыс многообразию значений КП указанных растительных сообществ представляет собой в данном случае важный аспект адаптационной функции биоразнообразия. Следует отметить, что в условиях современного города такого соответствия может оказаться недостаточно. Для выполнения защитной окраской крыс ее адаптационной функции необходимо максимальное многообразие комбинаций значений ее КП. Речь идет о максимуме многообразия, который может быть обеспечен соответствующими ресурсами организма животного. Следует отметить, что защитная окраска крыс является расчленяющей (ее кажущаяся однородность следствие тонких различий между большим количеством оттенков). Притом, в соответствии со сказанным в работе [14], разрушающее визуальное восприятие контура животного действие такой окраски должно в наибольшей степени проявляться на краях силуэта. Реализация этого маскирующего животного эффекта предполагает, что в его расчленяющей окраске на краю силуэта всегда присутствует пятно, комбинация значений КП которого достаточно близка к такой комбинации фона конкретной детали городского пейзажа. При этом весьма вероятно, что многообразие комбинаций значений КП данной детали городского пейзажа существенно меньше такого многообразия в расчленяющей окраске крысы. При том, что это многообразие окраски крысы, хотя и достаточно велико, но, вероятно, меньше общего многообразия комбинаций значений КП деталей городского пейзажа.

В рамках настоящей работы с использованием результатов, полученных в исследованиях [19], именно многообразие комбинаций значений КП в расчленяющей окраске крысы может быть использовано для ее демаскировки. Такое использование осуществляется путем реализации следующей процедуры.

Изображение разбивается на сегменты. Каждый сегмент разбивается на микросегменты. Для каждого микросегмента определяется значение КП. Для множества значений КП микросегментов каждого сегмента определяется значение системного колориметрического параметра (СКП), которое характеризует многообразие значений указанных КП в сегменте. Это значение заносится в специально созданную базу данных (БД), содержащую информацию о пространственных координатах данного сегмента на изображении. При обработке изображения значение указанного СКП для каждого сегмента обозначается условным цветом. Размещение сегмента на изображении, определяется занесенными в БД его пространственными координатами.

Предметом данной работы является процедура компьютерной обработки изображения животного, основанная на результатах проведенного с помощью ДМДС моделирования, которые позволяют выявить наиболее выраженные для его силуэта параметры пестроты окраски. Такая процедура позволяет элиминировать маскирующий эффект расчленяющей окраски с использованием исходных цветных цифровых фотографий, полученных с помощью сравнительно дешевой и простой в эксплуатации, широко используемой в городских условиях аппаратуры для видеонаблюдения.

Актуальность решения этой задачи определяется угрозами для биобезопасности в городских условиях, которые могут быть созданы потерей контроля над численностью популяции *Rattus norvegicus*.

### Цель работы

Целью исследования является определение системных колориметрических параметров демаскировки крыс при их видеорегистрации в городских условиях.

### Изложение основного материала

В рамках данной работы находится СКП защитной окраски крысы с достаточно большим многообразием значений комбинаций КП. Для формулировки рабочей гипотезы относительно вида этого СКП анализируется вид ИПТС построенного с помощью ДМДС и представляющего многообразие комбинаций значений КП защитной окраски крысы. ДМДС осуществлялось с использованием коэффициента корреляции Спирмена и подхода основанного на расширенной трактовке закона

Либиха. Моделирование осуществляется на основе фактического материала изображений *Rattus norvegicus*, находящегося в интернете и обработанного с помощью пакета MathLab. Эффективность использования указанного СКП проверяется обработкой полученного цифровой фотографией изображения крысы на фоне фрагмента городского пейзажа.

С использованием ДМДС в результате настоящей работы получена ИПТС, которая представляет множество неповторяющихся комбинаций КП защитной расчленяющей окраски *Rattus norvegicus*. Предполагается, что эти КП, отражают разные аспекты биопродукционных процессов растительных сообществ, в которых в ходе эволюционного процесса формировалась эта защитная окраска. Определение значений этих КП производилось на основе компьютерной обработкой значений компонентов RGB-модели цифровой фотографии обитающих на территории г. Харьков (Украина) представителей *Rattus norvegicus*. Конкретно: речь идет о следующих КП:

R/G – «желто-зеленый индекс», отражающий пигментное разнообразие в растительном сообществе связанное с его стабильностью;

R/(R+G+B) – отражает содержание в вышеуказанных растительных сообществах желто-оранжевых растительных пигментов, преобладание которых характерно для старых и мертвых клеток фотосинтезирующих организмов;

G/(R+G+B) – отражает содержание зеленого пигмента хлорофилла, преобладание которого характерно для молодых активно фотосинтезирующих растительных клеток;

(G)/(R+G) – отражает отношение фотосинтетической продукции растительного сообщества, агентом которой является зеленый хлорофилл, к суммарной биомассе, содержащей молодые, живые, старые и мертвые клетки.

Вид указанной ИПТС представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Вид ИПТС, отражающей множество комбинаций колориметрических параметров защитной расчленяющей окраски *Rattus norvegicus*

Номера условных шагов по времени	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R/G	2	2	1	1	1	1	2	1	2	2
R/(R+G+B)	3	3	2	1	1	1	2	1	2	3
G/(R+G+B)	2	3	3	3	2	1	1	1	1	1
G/(R+G)	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1

В табл. 1 столбцы представляют условные шаги по времени. Строки – значения колориметрических параметров, данные в условных баллах (1 – низкие, 2 – средние, 3 – высокие).

Смысл: данное в условных баллах число градаций значений параметра  $R^*G/(R+G+B)$ , равное

пяти (1, 2, 3, 6, 9) значительно больше равного двум (1, 2) числа градаций также данных в условных баллах значений параметра R/G, соответствующих в модели воспринимаемым глазом комбинациям градаций красного и зеленого, формирующим расчленяющую защитную серо-коричневую окраску крысы. Соответственно, можно сформулировать рабочую гипотезу, в соответствии с которой показатель (например – сигма) вариабельности значений колориметрического параметра  $R^*G/(R+G+B)$  может, в рамках вышеописанной (с расчленением на сегменты и микросегменты) процедуры обработки изображения обеспечить демаскирующий эффект. Речь идет о демаскировке крысы в городских условиях. Данный эффект подтверждается результатами такой обработки изображениями, представленными ниже.

Для определения наиболее многообразной по значениям комбинации КП составляем матрицу, представленную в табл. 2. Столбы матрицы представляют условные шаги по времени. Строки матрицы представляют данные в тех же условных баллах, что и в табл. 1 произведения значений КП.

Таблица 2 – Матрица произведений значений КП

Номера условных шагов по времени	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R/G * R/(R+G+B)$	6	6	2	1	1	1	4	1	4	6
$R/G * G/(R+G+B)$	4	6	3	3	2	1	2	1	2	2
$R/G * G/(R+G)$	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2
$R/(R+G+B) * G/(R+G+B)$	6	9	6	3	2	1	2	1	2	3
$R/(R+G+B) * G/(R+G)$	3	3	4	2	2	2	2	1	2	3
$G/(R+G+B) * G/(R+G)$	2	3	6	6	4	2	1	1	1	1

В табл. 3 представлены количества и состав не повторяющихся комбинаций произведений значений КП, присутствующих в табл. 2.

Таблица 3 – Данные о количестве и составе не повторяющихся комбинаций произведений значений КП

Комбинации произведений значений КП	Количество комбинаций	Состав комбинаций
$R/G * R/(R+G+B)$	4	6, 2, 1, 4,
$R/G * G/(R+G+B)$	5	4, 6, 3, 2, 1
$R/G * G/(R+G)$	2	2, 1
$R/(R+G+B) * G/(R+G+B)$	5	6, 9, 3, 2, 1
$R/(R+G+B) * G/(R+G)$	4	3, 4, 2, 1
$G/(R+G+B) * G/(R+G)$	5	2, 3, 6, 4, 1

Наибольшее число комбинаций произведений значений КП (5) найдена для следующих комбинаций:  $R/G * G/(R+G+B)$ ;  $R/(R+G+B) * G/(R+G+B)$ ;

$G/(R+G+B) * G/(R+G)$ . Далее анализируем комбинации произведений значений КП по их разбросу.

Наибольший разброс значений для комбинации, представленной произведением  $R/(R+G+B) * G/(R+G+B)$ . Оно находится в интервале от 1 до 9. Для других комбинаций этот разброс меньше. Его значение лежит в интервалах:  $R/G * R/(R+G+B)$  – от 1 до 6;  $R/G * G/(R+G+B)$  – от 1 до 6;  $R/G * G/(R+G)$  – от 1 до 2;  $R/(R+G+B) * G/(R+G)$  – от 1 до 4;  $G/(R+G+B) * G/(R+G)$  – от 1 до 6.

С учетом указанных результатов анализа вида ИПТС, представленной в табл. 1, каковы результаты детализированы в табл. 2-4 и была найдена комбинация значений КП, которая может сыграть роль искомой СКП. Речь идет об СКП, являющейся наиболее выраженной мерой пестроты защитной окраски *Rattus norvegicus* и равной  $R/(R+G+B) * G/(R+G+B)$ . Для этого и проводился анализ вида ИПТС с нахождением такой комбинации значений, вариабельность которой будет наибольшей. Эта вариабельность (выраженная, например, значением среднего квадратичного отклонения) и будет мерой пестроты. При обработке изображения с использованием таких СКП можно обозначать значение этой меры пестроты условным цветом. Выше упоминалось о значительной вероятности того, что значение меры пестроты силуэта крысы будет выше такой меры фона конкретного фрагмента городского пейзажа. Соответственно – велика вероятность повышения контрастности на этом фоне силуэта крысы при обработке изображения с обозначением меры пестроты условным цветом. Чувствительность такого метода будет зависеть от числа градаций значений комбинаций КП. Это число для показателя  $R/(R+G+B) * G/(R+G+B)$  является наибольшим.

Соответственно, можно сформулировать рабочую гипотезу, в соответствии с которой показатель (например – среднее квадратичное отклонение) вариабельности значений колориметрического параметра  $R * G / (R + G + B)$  может, в рамках вышеописанной (с расчленением на сегменты и микросегменты) процедуры обработки изображения обеспечить демаскирующий эффект. Речь идет о демаскировке крысы в городских условиях. Данный эффект подтверждается результатами обработки изображения, представленными на рис. 1, 2, 3.

На рис. 3 представленное на рис. 2 изображение после обработки в соответствии с процедурой, описанной в данной статье. Справа – шкала условных цветов, отражающая степень вариабельности (в средних квадратичных отклонениях) колориметрических параметров. Отчетливо видно повышение вариабельности КП окраски животного на краевых участках силуэта.



Рис. 1 – Исходное изображение *Rattus norvegicus* на фоне фрагмента городского пейзажа (доцятый забор)

Такая процедура, как было сказано выше, предполагает разработку специальной БД, поля значений которой отражают пространственное положение сегмента и значение СКП для множества его микросегментов.

На рис. 2 изображено не обработанное в соответствии с описанной в данной работе процедурой, представленное на рис. 1 изображение, контрастность которого искусственно ухудшена компьютерными методами, имитирующими ухудшенные условия видеонаблюдения (туман, пыль, плохое освещение, прочее).

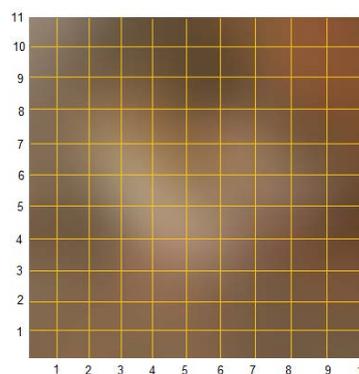


Рис. 2 – Не обработанное изображение в соответствии с описанной в данной работе процедурой

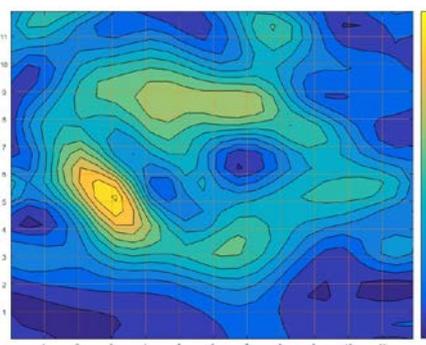


Рис. 3 – Изображение после обработки в соответствии с процедурой, использующей  $R/(R+G+B) * G/(R+G+B)$

Таким образом, представленные на рис. 1-3 результаты обработки изображения крысы показывают эффективность повышения контрастности силуэта животного путем процедуры, включающей следующие этапы:

- построение, с помощью ДМДС, ИПТС, представляющей множество комбинаций защитной расчлняющей окраски *Rattus norvegicus*;

- нахождение, путем анализа вида указанного ИПТС, СКП, обладающего наибольшим многообразием комбинаций значений;

- разбиение изображения на сегменты, а сегментов на микросегменты, для каждого из которых определяются значения вышеуказанных КП;

- построение БД, в записях которого присутствуют данные о полях значений, отражающих степень варибельности КП в выборке микросегментов каждого сегмента и его координаты на изображении;

- обработка изображения с обозначением условным цветом степени варибельности КП в выборке микросегментов каждого сегмента.

#### Обсуждение результатов

Представленные в настоящей работе результаты использования предложенной процедуры с помощью ДМДС говорят об эффективности ее применения для улучшения видео-регистрации численности и миграций серой крысы в условиях города. Речь идет о повышении эффективности путем компьютерной обработки видеoinформации, элиминирующей адаптирующие животных к условиям городского пейзажа параметры защитной расчлняющей окраски. Существенным моментом новизны указанной процедуры является использование ДМДС в качестве инструмента порождения рабочих гипотез. При этом важную роль играет возможность с помощью ДМДС непосредственно наглядно представить структуру обратных связей и следующую из нее динамику исследуемой системы. Эта возможность дает весьма значимое преимущество, например, в сравнении с описанными в работе [17] применениями различных мер биоразнообразия, для описания различных параметров функционирования изучаемых биологических систем. Эти преимущества связаны, в частности, с меньшими, в случае использования ДМДС, требованиями к исходному фактическому материалу. Он может быть существенно меньше по объему и содержать лакуны, не позволяющие дать непосредственное описание динамики исследуемого процесса в реальном времени. В настоящей работе динамика присутствует опосредовано – как аспект функционирования растительных сообществ, на фоне которых в ходе эволюции сформировалась защитная окраска *Rattus norvegicus*.

#### Выводы

Таким образом, найдена комбинация значений СКП демаскировки крыс (*Rattus norvegicus*) при видеорегистрации в городских условиях. Обработка изображения крысы на фоне фрагмента городского пейзажа с помощью найденной комбинации СКП показала эффективность повышения контрастности силуэта животного, что позволяет повысить эффективность видео-регистрации численности и миграций серой крысы в условиях города.

#### Список литературы

1. **Endler, J. A.** The current and future state of animal coloration research / **J. A. Endler, J. Mappes** // *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*. – 2017. – Vol. 372(1724). – doi:10.1098/rstb.2016.0352.
2. **Johnsen, S.** The asymmetry of the underwater horizontal light field and its implications for mirrorbased camouflage in silvery pelagic fish / **S. Johnsen, E. Gassmann, R.A. Reynolds** [et al.] // *Limnol. Oceanogr.* – 2014. – Vol. 59. – P. 1839-1852. – doi:10.4319/lo.2014.59.6.1839.
3. **Marshall, J.** Fluorescence as a means of colour signal enhancement / **J. Marshall, S. Johnsen** // *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*. – 2017. – Vol. 372(1724). – doi:10.1098/rstb.2016.0335.
4. **Feller, K. D.** Selection of the intrinsic polarization properties of animal optical materials creates enhanced structural reflectivity and camouflage / **K. D. Feller, T. M. Jordan, D. Wilby** [et al.] // *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. – 2017. – Vol. 372(1724). – doi:10.1098/rstb.2016.0336.
5. **Duarte, R. C.** Camouflage through colour change: mechanisms, adaptive value and ecological significance / **R. C. Duarte, A. V. Flores, M. Stevens** // *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. – 2017. – Vol. 372(1724). – doi:10.1098/rstb.2016.0342
6. **Merilaita, S.** How camouflage works / **S. Merilaita, N. E. Scott-Samuel, I. C. Cuthill** // *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*. – 2017. – Vol. 372(1724). – doi:10.1098/rstb.2016.0341.
7. **Johnsen, S.** Hide and seek in the open sea, pelagic camouflage and visual countermeasures / **S. Johnsen** // *Ann. Rev. Mar. Sci.* – 2014. – Vol. 6. – P. 369-392. – doi:10.1146/annurev-marine-010213-135018.
8. **Lind, O.** Coevolution of coloration and colour vision? / **O. Lind, M. J. Henze, A. Kelber** // *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*. – 2017. – Vol. 372(1724). – doi:10.1098/rstb.2016.0338.
9. **Shawkey, M. D.** Interactions between colour-producing mechanisms and their effects on the integumentary colour palette / **M. D. Shawkey, L. D'Alba** // *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. – 2017. – Vol. 372(1724). – doi:10.1098/rstb.2016.0536.
10. **San-Jose, L. M.** Genomics of coloration in natural animal populations / **L. M. San-Jose, A. Roulin** //

- Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences.* – 2017. – Vol. 372(1724). – doi:10.1098/rstb.2016.0337.
11. **Wilkins, L.** Modelling colour constancy in fish, implications for vision and signaling in water / **L. Wilkins, N.J. Marshall, S. Johnsen** [et al.] // *J. Exp. Biol.* – 2016. – Vol. 219. – P. 1884-1892. – doi:10.1242/jeb.139147.
  12. **Caro, T.** Interspecific visual signaling in animals and plants: a functional classification / **T. Caro, W. L. Allen** // *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences.* – 2017. – Vol. 372(1724). – doi:10.1098/rstb.2016.0344.
  13. **Umbers, K. D.** Colour in insect thermoregulation, empirical and theoretical tests in the colour-changing grasshopper, *Kosciuscola tristis* / **K. D. Umbers, M. E. Herberstein, J. S. Madin** // *J. Insect Physiol.* – 2013. – Vol. 59. – P. 81-90. – doi:10.1016/j.jinsphys.2012.10.016.
  14. **Troscianko, J.** Quantifying camouflage: how to predict detectability from appearance / **J. Troscianko, J. Skelhorn, M. Stevens** // *BMC Evol. Biol.* – 2017. – Vol. 17. – P. 7. –doi:10.1186/s12862-016-0854-2.
  15. **Stoddard, M. C.** Colour, vision and coevolution in avian brood parasitism / **M. C. Stoddard, M. E. Hauber** // *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences.* – 2017. – Vol. 372(1724). – doi:10.1098/rstb.2016.0339.
  16. **Nothdurft, H. C.** Fast identification of salient objects depends upon cue location / **H. C. Nothdurft** // *VPL Reports.* – 2016. – Vol. 5. – P. 1-8. – doi:10.4126/FRL01-006401398
  17. **Bukvareva, E. N.** Optimization, Niche and Neutral Mechanisms in the Formation of Biodiversity / **E. N. Bukvareva, G. M. Aleshchenko** // *American Journal of Life Sciences.* – 2013. – V. 1. – No. 4. – P. 174-183. – doi: 10.11648/j.ajls.20130104.16.
  18. **Bespalov, Y.** Discrete Modeling Dynamical Systems That Determine the Role of Biodiversity in Different Regimes of Using Resources at Different Levels of Organization of Living Matter. URL: <https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2018/03/15/281279.full.pdf>. – doi: 10.1101/281279.
  19. **Bespalov, Yu., Nosov, K., Kabalyants, P.** Discrete dynamical model of mechanisms determining the relations of biodiversity and stability at different levels of organization of living matter. Available at: <https://www.biorxiv.org/content/early/2017/07/11/161687>. – doi: 10.1101/161687.
  20. **Balym, Y.** Mathematical modeling of systemic colorimetric parameters unmasking wild waterfowl / **Y. Balym, O. Vysotska, A. Pecherska, Yu. Bespalov** // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – 2017. – № 5/2(89). – P. 12-18. – doi:10.15587/1729-4061.2017.110107.
  21. **Zholtkevych, G. N.** Discrete Modeling of Dynamics of Zooplankton Community at the Different Stages of an Anthropogenic Eutrophication / **G. N. Zholtkevych, Y.G. Bespalov, K. V. Nosov** [et al.] // *Acta Biotheoretica.* – 2013. – № 61(4). – P. 449-465. – doi:10.1007/s10441-013-9184-6.
  22. **Vysotska, O.** Modeling of a procedure for unmasking the foxes during activities on the elimination of biosafety threats related to rabies / **O. Vysotska, Y. Balym, M. Georgiyants** [et al.] // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – 2017. – Vol 5, №10 (89). – P. 46-54. – doi:10.15587/1729-4061.2017.109868
  23. **Zholtkevych, G. N.** Descriptive Models of System Dynamics / **K. V. Nosov, L. I. Rak, E. V. Vysotskaya** [et al.] // *Proceedings of the 12th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (ICTERI), CEUR-WS.org.* – 2016. – Vol. 1614. – P. 57-72.
  24. **Жолткевич, Г. Н.** Дискретное моделирование динамических систем отношений размерных классов в популяции трески / **Г. Н. Жолткевич, К. В. Носов, Е. В. Высоцкая** [и др.] // *Системы обработки информации.* – 2016. – № 8. – С. 87-91.

## Bibliography (transliterated)

1. **Endler, J. A., Mappes, J.** The current and future state of animal coloration research. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 2017, **372**(1724), doi:10.1098/rstb.2016.0352.
2. **Johnsen, S., Gassmann, R. A. Reynolds, Mobley C.** The asymmetry of the underwater horizontal light field and its implications for mirrorbased camouflage in silvery pelagic fish. *Limnol. Oceanogr.*, 2014, **59**, 1839-1852, doi:10.4319/lo.2014.59.6.1839.
3. **Marshall, J., Johnsen, S.** Fluorescence as a means of colour signal enhancement. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 2017, **372**(1724), doi:10.1098/rstb.2016.0335.
4. **Feller, K. D., Jordan, T. M., Wilby, D., Roberts, Nicholas W.** Selection of the intrinsic polarization properties of animal optical materials creates enhanced structural reflectivity and camouflage. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 2017, **372**(1724), doi:10.1098/rstb.2016.0336.
5. **Duarte, R. C., Flores, A. V., Stevens, M.** Camouflage through colour change: mechanisms, adaptive value and ecological significance. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 2017, **372**(1724), doi:10.1098/rstb.2016.0342.
6. **Merilaita, S., Scott-Samuel, N. E., Cuthill, I. C.** How camouflage works. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 2017, **372**(1724), doi:10.1098/rstb.2016.0341.
7. **Johnsen, S.** Hide and seek in the open sea, pelagic camouflage and visual countermeasures. *Ann. Rev. Mar. Sci.*, 2014, **6**, 369-392, doi:10.1146/annurev-marine-010213-135018.
8. **Lind, O., Henze, M. J., Kelber, A.** Coevolution of coloration and colour vision? *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 2017, **372**(1724), doi:10.1098/rstb.2016.0338.
9. **Shawkey, M. D., D'Alba, L.** Interactions between colour-producing mechanisms and their effects on the integumentary colour palette. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 2017, **372**(1724), doi:10.1098/rstb.2016.0536.
10. **San-Jose, L. M., Roulin, A.** Genomics of coloration in natural animal populations. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 2017, **372**(1724), doi:10.1098/rstb.2016.0337.
11. **Wilkins, L., Marshall, N.J., Johnsen, S., Osorio, D.** Modelling colour constancy in fish, implications for

- vision and signaling in water. *J. Exp. Biol.*, 2016, **219**, 1884-1892, doi:10.1242/jeb.139147.
12. **Caro, T., Allen, W. L.** Interspecific visual signaling in animals and plants: a functional classification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*, 2017, **372**(1724), doi:10.1098/rstb.2016.0344.
  13. **Umbers, K. D., Herberstein, M. E., Madin, J. S.** Colour in insect thermoregulation, empirical and theoretical tests in the colour-changing grasshopper, *Kosciuscola tristis*. *J. Insect Physiol.*, 2013, **59**, 81-90, doi:10.1016/j.jinsphys.2012.10.016.
  14. **Troscianko, J., Skelhorn, J., Stevens, M.** Quantifying camouflage: how to predict detectability from appearance. *BMC Evol. Biol.*, 2017, **17**, 7, doi:10.1186/s12862-016-0854-2.
  15. **Stoddard, M. C., Hauber, M. E.** Colour, vision and coevolution in avian brood parasitism. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences.*, 2017, **372**(1724), doi:10.1098/rstb.2016.0339.
  16. **Nothdurft, H. C.** Fast identification of salient objects depends upon cue location. *VPL Reports*, 2016, **5**, 1-8, doi:10.4126/FRL01-006401398.
  17. **Bukvareva, E. N., Aleshchenko, G. M.** Optimization, Niche and Neutral Mechanisms in the Formation of Biodiversity. *American Journal of Life Sciences*, 2013, **1**, **4**, 174-183, doi: 10.11648/j.ajls.20130104.16.
  18. **Bespalov, Y.** Discrete Modeling Dynamical Systems That Determine the Role of Biodiversity in Different Regimes of Using Resources at Different Levels of Organization of Living Matter. Available at: <https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2018/03/15/281279.full.pdf>, doi: 10.1101/281279.
  19. **Bespalov, Yu., Nosov, K., Kabalyants, P.** Discrete dynamical model of mechanisms determining the relations of biodiversity and stability at different levels of organization of living matter. Available at: <https://www.biorxiv.org/content/early/2017/07/11/161687>, doi:10.1101/161687.
  20. **Balym, Y., Vysotska, O., Pecherska, A., Bespalov, Yu.** Mathematical modeling of systemic colorimetric parameters unmasking wild waterfowl. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2017, **5/2** (89), 12-18, doi:10.15587/1729-4061.2017.110107.
  21. **Zholtkevych, G. N., Bespalov, Y. G., Nosov, K. V., Abhishek, M.** Discrete Modeling of Dynamics of Zooplankton Community at the Different Stages of an Antropogeneous Eutrophication. *Acta Biotheoretica*, 2013, **61** (4), 449-465, doi:10.1007/s10441-013-9184-6.
  22. **Vysotska, O., Balym, Y., Georgiyants, M., Pecherska, A., Nosov, K., Bespalov, Y.** Modeling of a procedure for unmasking the foxes during activities on the elimination of biosafety threats related to rabies. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2017, **5**, **10** (89), 46-54, doi:10.15587/1729-4061.2017.109868.
  23. **Zholtkevych, G. N., Nosov, K.V., Bespalov, Yu. G., Rak, L. I., Vysotskaya E. V., Balkova, Y. B., Kolomyichenko, V. K.** Descriptive Models of System Dynamics // *Proceedings of the 12th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications*. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (ICTERI), CEUR-WS.org, 2016, **1614**, 57-72.
  24. **Zholtkevich, G. N., Nosov, K. V., Bespalov, Yu. G., Vysotskaya, E. V., Porvan, A. P.** Diskretnoe modelirovanie dinamicheskikh sistem otnosheni razmernykh klassov v populyatsii treski. *Systemy obrobky informatsii*, 2016, **8**, 87-91.

#### Сведения об авторах (About authors)

**Носов Константин Валентинович** – кандидат физико-математических наук, доцент, научный сотрудник лаборатории моделирования адаптационных механизмов, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, г. Харьков; Украина; e-mail: k-n@nm.ru.

**Konstantin Nosov** – Ph. D., Associate Professor, Researcher of the Laboratory of Adaptive Mechanisms Modeling, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: k-n@nm.ru.

**Беспалов Юрий Гаврилович** – старший научный сотрудник научно-исследовательской части, Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, г. Харьков; Украина; e-mail: bespalov@univer.kharkov.ua.

**Yuriy Bespalov** – Scientific Employee of the Research Section, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: bespalov@univer.kharkov.ua.

**Высоцкая Елена Владимировна** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных управляющих систем, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков; Украина; e-mail: evisotska@ukr.net.

**Olena Vysotska** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Information Control Systems, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine; e-mail: evisotska@ukr.net.

**Страшненко Анна Николаевна** – кандидат технических наук, научный сотрудник кафедры биомедицинской инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков; Украина; e-mail: strashneno4ka@rambler.ru.

**Anna Strashnenko** – Ph. D., Scientific Employee of the Department of Biomedical Engineering, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv; Ukraine; e-mail: strashneno4ka@rambler.ru.

**Печерская Анна Ивановна** – кандидат технических наук, старший преподаватель, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков; Украина; e-mail: anna.pecherska@nure.ua.

**Anna Pecherska** – Ph. D., lecturer of the Department of Information Control Systems, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv; Ukraine; e-mail: anna.pecherska@nure.ua.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Носов, К. В.** Процедура определения системных колориметрических параметров демаскировки крыс при видеорегистрации в городских условиях / **К. В. Носов, Ю. Г. Беспалов, Е. В. Высоцкая, А. Н. Страшненко, А. И. Печерская** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2018. – № 26 (1302). – Т. 2. – С. 22-30. – doi:10.20998/2413-4295.2018.26.28.

*Please cite this article as:*

**Nosov, K. V., Bepalov, Yu. G., Vysotska, O. V., Strashnenko, H. M., Pecherska, A. I.** Determination of the systemic colorimetric parameters of unmasking rats at video registration in urban conditions. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2018, **26** (1302), 2, 22-30, doi:10.20998/2413-4295.2018.26.28.

*Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Носов, К. В.** Процедура визначення системних колориметричних параметрів демаскування щурів при відеореєстрації в міських умовах / **К. В. Носов, Ю. Г. Беспалов, О. В. Высоцька, Г. М. Страшненко, А. І. Печерська** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018. – № 26 (1302). – Т. 2. – С. 22-30. – doi:10.20998/2413-4295.2018.26.28.

**АНОТАЦІЯ** Стаття присвячена визначенню системних колориметричних параметрів демаскування щурів (*Rattus norvegicus*) при відео-реєстрації в міських умовах. Знайдена комбінація значень колориметричних параметрів, яка може зіграти роль системного колориметричного параметру, що є найбільш вираженою мірою строкатості захисного забарвлення *Rattus norvegicus*. Ефективність використання знайденого системного колориметричного параметру була перевірена обробкою зображення щура на тлі фрагмента міського пейзажу. Отримані результати обробки зображення щура показують ефективність підвищення контрастності силуету тварини, що збільшує ефективність відео-реєстрації чисельності та міграцій сірого щура в умовах міста.

**Ключові слова:** сірий щур; захисне забарвлення; колориметричні параметри; обробка зображення; траєкторія системи; дискретні моделі динамічних систем; база даних

*Поступила (received) 30.06.2018*