Analysis and Machine Intelligence, vol. PAMI-8, №6, November 1986.

13. Ямашкин А. А., Ямашкин С. А., Кликунов А. А. Применение ГИС в анализе морфологической структуры ландшафтов. Вестник Удмуртского университета. 2013а. № 6-3. С. 115-122.
14. Ямашкин А. А., Ямашкин С. А. Применение алгоритма выделения краев к решению задачи моделирования границ ландшафтов. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2013б. № 2. С. 28-34.
15. Ямашкин А. А., Ямашкин С. А. ГИС-моделирование ландшафтного разнообразия. Геодезия и картография. 2013в. № 11. С. 40-45.
16. Castleman K. R. Digital Image Processing, 1st ed. Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall, 1979.
17. Forsyth D. Computer Vision: A Modern Approach 1st Edition / D. Forsyth, J. Ponce / Prentice Hall, 2002.
18. Landgrebe D. A. (1986) A brief history of the Laboratory for Applications of Remote Sensing (LARS). Web: www.lars.purdue.edu/home/LARSHistory.html
19. Richards J. A. Analysis of Remotely Sensed Data: The Formative Decades and the Future // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 43, no. 3, March 2005.
20. Shapiro L. G. Computer Vision / L. G. Shapiro, G. C. Stockman. Prentice Hall, 2001.
21. Willem J. D. Spectral Vegetation Indices and Uncertainty: Insights From a User's Perspective // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 44, no. 7, July 2006.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНОЙ КОМФОРТНОСТИ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА)

*Н. Г. Ивлиева, М. А. Скворцова, В. Ф. Манухов, Т. А. Долгачева
Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева
Саранск, Россия
E-mail: gkg_mrsu@mail.ru*

APPLICATION OF MATHEMATICAL-CARTOGRAPHIC MODELLING FOR THE ASSESSMENT OF SOCIAL COMFORT RESIDENCE OF THE POPULATION (ON THE EXAMPLE OF THE VOLGA FEDERAL DISTRICT)

*N. G. Ivlieva, M. A. Skvorcova, V.F. Manukhov, T. A. Dolgacheva
Mordovia N.P. Ogarev state university, Saransk, Russia
e-mail: gkg_mrsu@mail.ru*

Abstract. The results of modelling of synthetic estimated characteristics of social comfort of residence of the population are presented in the article. Application of GIS-technologies has allowed to construct a number of the maps demonstratively characterizing various aspects of social comfort.

Для устойчивого развития территорий очень важным является повышение уровня комфортности условий жизнедеятельности населения. Создание наиболее благоприятной среды обитания всегда было и остается самой важной и значимой задачей для человечества.

Идея повышения социальной комфортности проживания населения (СКПН) страны в последние годы всё больше проникает в сознание не только государственных органов, но и широких кругов населения. В чём же причины привлекательности социальной комфортности проживания населения? Можно выделить две группы причин: внутренние и внешние. К внутренним причинам относится, прежде всего, то обстоятельство, что жизнь, как таковая, является важнейшим приоритетом для каждой человеческой личности и общества в целом. Поэтому люди всегда стремятся улучшить комфортность своего проживания, своей жизни. Социальная комфортность проживания населения включает в себя как объективные параметры, вызванные множеством различных факторов (политических, социально-экономических, климатических и др.), так и субъективный взгляд каждого человека, т.е. представляет собой как бы критерий развития страны в целом. Ее оценка представляет возможность сопоставить между собой регионы и социальные группы, ранжировать их, выявлять негативные тенденции и искать пути и средства их преодоления.

Сегодня всё большую популярность приобретают исследования различных рейтинговых агентств в области измерения комфортности проживания в тех или иных городах и регионах мира. Составляются рейтинги наиболее комфортных для проживания городов, что является весьма эффективным рекламным инструментом по привлечению новых жителей и туристов.

Социальная комфортность проживания населения является своеобразным регулятором процесса развития страны, поскольку если в стране происходят изменения, ухудшающие комфортность проживания, то это сразу сказывается на настроении граждан, вызывает социальное напряжение, формирует интолерантную реакцию населения, что заставляет властные структуры корректировать проводимую политику. К внешним причинам относятся современные реалии социальных экономических условий жизнедеятельности российского общества.

Социальную комфортность проживания населения необходимо подразделять на две составляющие: объективную — уровень образования, здравоохранения, социального обеспечения, культуры, физической культуры, общественного питания, коммунального обслуживания, пассажирского транспорта, связи, правовой защиты, и субъективную — оценочное отношение человека к жизненным условиям. Именно такое подразделение позволяет в полной мере раскрыть содержание этого понятия. Отсюда вытекает общее представление о социальной комфортности проживания населения как о комплексе взаимосвязанных характеристик, включающих множество объективных показателей, характеризующих уровень и состояние развития социальной сферы (сферы услуг), а также показателей субъективных, отражающих рациональное и эмоциональное состояние человека к комфортности своего проживания, удовлетворенности самим собой и своей жизнедеятельностью.

Картографическое обеспечение решения проблем устойчивого и сбалансированного развития территорий на основе новых геоинформационных методов и технологий является одним из главных направлений современных исследований. Оно становится более актуальным при решении социальных и экологических проблем, а также разработке мероприятий по улучшению комфортности проживания населения [Долгачева, 2010].

Изучение социальной комфортности подразумевает анализ различных социальных факторов, оказывающих влияние в первую очередь на жизнедеятельность населения (развитость сферы обслуживания, степень освоенности, транспортная доступность и т.д.) [Ивлиева, 2010]. Анализ и оценка социально-экономических условий, оказывающих как прямое, так и опосредованное влияние на комфортность проживания населения вызывает большие трудности из-за недостаточной разработанности методических подходов. При моделировании оценочных характеристик возникает ряд проблем, которые обусловлены разнообразием компонентов, значимость каждого из которых для людей имеет свою специфику.

При оценке уровня социальной комфортности проживания населения в регионе необходимо принять во внимание достаточно большое количество индикаторов, которые в той или иной степени могут оказывать влияние на изучаемую социально-экономическую категорию. Многовариантность исходных наборов индикаторов может приводить к неоднозначным выводам об уровне социальной комфортности региона, так как отдельные индикаторы демонстрируют разнонаправленные тенденции и темпы развития.

Предложенный нам экспертами исходный набор индикаторов содержал 34 показателя, которые были сгруппированы в десять блоков: жилищные условия, качество образования, состояние здравоохранения, организация досуга, общественная безопасность, обеспеченность объектами инфраструктуры, социальная патология общества, организация труда, социально-демографические условия, социальная справедливость общества.

На первом этапе исследований среди исходных данных по каждому блоку был произведен отбор наиболее информативных индикаторов на основе компонентного анализа и экспертных оценок. Разработанный сокращенный набор частных индикаторов (табл.1) рассматривался далее в качестве базового для последующей интегральной оценки социальной комфортности проживания населения в регионе.

Специфические территориальные различия отдельных частных индикаторов социальной комфортности проживания населения в регионах Приволжского федерального округа (ПФО) можно показать на отдельных картограммах. Для наглядной демонстрации распределения значений показателей при классификации чаще всего применяют принцип «естественных границ», когда шкала строится под условием наибольшей однородности значений внутри интервалов и максимальных различий между значениями в разных интервалах. Кроме того, в современных ГИС-пакетах встроен способ автоматической классификации, устанавливающий границы интервалов, исходя из средней величины показателя x_{cp} и стандартного отклонения σ . Такая классификация позволяет для каждой выделенной группы провести некоторую оценку по сравнению со средним значением показателя по округу.

Таблица 1. Апостериорный набор частных индикаторов социальной комфортности проживания населения в регионе

Базовые компоненты	Наименование частного индикатора
1 Жилищные условия	Площадь жилищ, приходящаяся в среднем на одного жителя, кв. м
2 Качество образования	На 10 000 человек населения выпущено специалистов высшими учебными заведениями
3 Состояние здравоохранения	Число больничных коек на 10 000 человек населения
4 Культурный отдых, досуг	Численность зрителей театров на 1000 человек населения
5 Обеспеченность населения объектами инфраструктуры	Густота автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием, км путей на 1000 кв. км территории

6 Общественная безопасность	Число зарегистрированных убийств и покушений на убийство на 100 000 человек населения
7 Социальная патология общества	Заболеваемость населения алкоголизмом и алкогольными психозами, взятого под наблюдение с впервые установленным диагнозом, на 100 000 человек населения
8 Организация труда	Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более и со смертельным исходом на 1000 работающих
9 Социальная справедливость общества	Коэффициент фондов (коэффициент дифференциации доходов), в размах
10 Социально-демографические условия	Коэффициент миграционного прироста населения

На основе современных ГИС-технологий в целях улучшения восприятия и анализа исходной информации несложно видоизменять форму ее подачи: применять безинтервальные шкалы, строить трехмерные блок-диаграммы, создавать условные статистические поверхности, анаморфированные изображения и т.д. [Манухов, 2008]. В нашем исследовании для логической содержательной интерпретации явления использовались анаморфозы, так как все показатели относительные, а знаменателем дроби во всех показателях за исключением густоты автомобильных дорог является население региона или его часть. Поэтому каждый отдельный регион автоматически был трансформирован так, что в результате плотность населения оказалась выровненной по всей территории федерального округа и регионы стали сопоставимы по этому показателю (рис. 1). Показатели, отнесенные к населению, отображенные на полученной анаморфозе, передают более реальную ситуацию по сравнению с традиционной картограммой. Заметим, взаимное расположение территориальных единиц, их площади и конфигурации зависят от того насколько сильно плотность населения региона отличается от соседей и средней плотности по округу, а также от выбранного алгоритма построения анаморфированных изображений.

Рис. 1. Анаморфоза регионов Приволжского федерального округа, созданная на основе численности населения

При отображении территориального распределения всего набора частных индикаторов социальной комфортности проживания населения в регионах Приволжского федерального округа применялась картодиаграмма (рис.2). На ней показаны не сами исходные значения, а их

отклонения (в процентах) от соответствующих им средних значений по округу, поскольку объединить все показатели в единой масштабности значков было трудно. В результате на одной и той же профильной диаграмме столбики между собой оказываются соизмеримыми, можно сравнивать и соответствующие столбики на разных диаграммах (первый с первым, второй со вторым и т.д.), т.е. отклонения значений одних и тех же индикаторов. Для удобства сравнения самих диаграмм исходные показатели разбиты на две группы (выделены цветом). В первую вошли те, для которых наилучшими оценочными характеристиками являются самые большие числовые значения соответствующего показателя, во вторую — те, для которых наилучшими служат наименьшие значения. Нулевая высота столбика картодиаграммы означает совпадение значения показателя в регионе со средним по округу. Известно, количественные характеристики явлений выражаются либо в интервальной шкале, либо в шкале отношений. В первом случае можно определить, насколько более выражен этот признак в одном объекте по сравнению с другим, во втором — не только насколько, но и во сколько раз более выражен этот признак. При проведении исследований важно знать, какие шкалы использованы для данных, поскольку это определяет характер возможных математических операций с ними. Так, данные наблюдений, представленные в интервальной шкале, нельзя делить друг на друга, узнавать во сколько раз значение одного объекта больше значения другого объекта и т.д. Таким показателем оказался коэффициент миграционного прироста населения, поэтому на представленной карте он показан способом картограммы. Зрительное сопоставление построенных профильных диаграмм, совмещенных с картограммой, позволяет получить некоторую качественно-количественную оценку социальной комфортности проживания населения в регионах Приволжского федерального округа.

Как известно, что ГИС представляют возможности не только простой визуализации атрибутивных данных, но, главное, для их анализа и пространственного моделирования. Географический подход к изучению социально-экономических процессов в обществе и территориальная изменчивость этих явлений предполагает их изучение с помощью методов классификации. Поэтому оценка или типология территории с представлением полученных результатов на карте являются не только методами, но и целями географических исследований. Конструирование типологических и оценочных карт основывается на многомерном математико-статистическом анализе. Математические алгоритмы, используемые для создания данных карт, хорошо известны [Тикунов, 1997]. Они могут быть реализованы непосредственно в ГИС, приложении MS Excel или в статистических пакетах программ.

Рис. 2. Характеристика исходных показателей (их порядок на диаграмме соответствуют табл. 1)

В нашем исследовании интегральная оценка социальной комфортности проживания населения в регионе проводилась на основе методики, разработанной С. А. Айвазяном для измерения синтетических категорий качества жизни населения в рамках «объективистского подхода» [Айвазян, 2003].

Прежде всего, с целью получения оценочных синтетических характеристик наборы исходных значений показателей были нормированы и сведены в систему унифицированных показателей, выражающих отклонения от наихудших оценочных значений каждого индикатора социальной комфортности проживания населения. Следуя выбранной методике, мы работали с 10-балльными шкалами.

Далее по полученным значениям нормированных показателей проводилась оценка ковариационной матрицы, а затем ее диагонализация. На основе собственных значений этой матрицы определялось число интегральных индикаторов, необходимых для оценки анализируемой синтетической категории — социальной комфортности проживания населения. В соответствии с используемой методикой они должны объяснять не менее 55% суммарной дисперсии исходных унифицированных признаков.

Если для оценки анализируемой синтетической категории по данному критерию можно взять единственный интегральный индикатор $\tilde{y}$, то в качестве его принимают модифицированную первую главную компоненту

$$\tilde{x}_i = \sum_{j=1}^p l_j^2 \tilde{x}_{ji}, i = 1, 2, 3, \dots, n,$$

где i — номер территориальной единицы; $\tilde{x}_{ji}$ — нормированные значения j -го показателя; l_j^2 — j -ая компонента собственного вектора l_1 , соответствующего наибольшему собственному значению λ_1 ковариационной матрицы.

При этом имеет место соотношение $\sum_{j=1}^p l_j^2 = 1$. Тогда значения интегрального показателя $\tilde{y}$ могут изменяться в рамках такой же 10-балльной шкалы, как и нормированные значения исходных признаков.

Если для оценки анализируемой синтетической категории по вышеуказанному критерию следует взять несколько интегральных индикаторов $\tilde{y}$, то исходный набор признаков на основе сочетания профессионального и математико-статистического анализов разбивается на соответствующее число однородных непересекающихся групп (блоков). В каждом k -ом блоке строится оценка ковариационной матрицы унифицированных показателей, попавших в этот блок, а затем получают значения соответствующего блочного интегрального индикатора $\tilde{y}^{(k)}$ как модифицированную первую главную компоненту этого блока показателей. В том случае, когда группа состоит из одного признака, то он принимается за интегральный показатель соответствующего блока.

Значение сводного интегрального индикатора определяется по формуле $\tilde{y}_i = 10 - \rho_i$,

где ρ_i — взвешенное евклидово расстояние i -ой территориальной единицы от эталона (10; 10;...;10) по всему комплексу блочных интегральных индикаторов, в качестве «весов» берут нормированные значения оценок их выборочных дисперсий.

По итогам проведенного нами моделирования социальной комфортности проживания населения в регионах ПФО в 2011 г. были определены значения интегрального индикатора. Анализируя представленную диаграмму (рис.3), можно сделать вывод, что первое место занимает Саратовская область, второе место — Республика Татарстан, третье место — Нижегородская область. Последнее место в этом рейтинге отводится Пермскому краю. Это связано, прежде всего, с наметившимися социальными проблемами региона, где присутствуют сильные внутрирегиональные различия экономики и рынков труда, типичные для индустриальных регионов с преобладанием монофункциональных городов, имеющих отрасли разной конкурентоспособности.

Рис. 3. Значения интегрального индикатора социальной комфортности проживания населения в регионах ПФО в 2011 году

На основе рассчитанной интегральной оценки территориальные единицы были ранжированы. В нашем случае уровень социальной комфортности проживания населения оценивался по десятибалльной шкале, а его классификация осуществлялась следующим образом:

1. Комфортный (от 6,5 до 10 баллов);
2. Гипокомфортный (от 3 до 6,5 баллов);
3. Дискомфортный (от 0 до 3 баллов).

На рис. 4 представлена итоговая карта, на которой результаты моделирования оценочного положения регионов ПФО по уровню СКПН показаны на фоне картограммы, демонстрирующей распределение валового регионального продукта (ВРП) на душу населения по регионам.

Стоит отметить, что темпы развития ВРП на душу населения и уровень СКПН хотя и находятся в прямой зависимости, однако не способствуют росту комфортности проживания населения в регионе. Об этом свидетельствует рассчитанный коэффициент эластичности роста уровня СКПН от темпов роста ВРП по Республике Мордовия за 2010-2011 гг., который указывает на то, что на каждый процент роста ВРП уровень СКПН увеличился лишь на 0,22%. Таким образом, обеспечивая собственное воспроизводство, регион, в конечном счете, должен обеспечивать адекватное повышение уровня СКПН, поскольку сам по себе экономический рост не гарантирует позитивной социальной динамики.

На развитие отраслей социальной сферы, и, соответственно, на социальную комфортность проживания населения оказывает влияние множество факторов, среди которых можно выделить: социально-экономические, политические, экологические, природно-климатические, культурные и др.

Заключительным этапом этой работы явилась проведение кластерного анализа с целью выделения таксонов, схожих между собой по уровню развития выделенных социально-экономических факторов. В качестве расстояния между кластерами воспользовались обычным евклидовым расстоянием. При использовании метода «ближнего соседа» проявился цепочечный эффект, который не позволил определить точное число кластеров. Желаемая четкость в разбиении отсутствовала и при реализации метода «дальнего соседа». Результаты кластерного анализа на основе метода Варда позволили сделать вывод, что регионы можно разбить на 3 кластера. Окончательную кластеризацию проводили методом k -средних. Подобное разбиение оказалось оптимальным.

В результате регионы ПФО распределяются следующим образом:

- регионы с высокими значениями социально-экономических факторов — Республика Татарстан, Пермский край, Самарская и Нижегородская области;
- регионы со средними значениями социально-экономических факторов — Республика Мордовия, Пензенская, Саратовская и Ульяновская области;
- регионы с низкими значениями социально-экономических факторов — республики Удмуртия, Башкортостан, Марий Эл, Чувашия, а также Кировская и Оренбургская области.

На примере Республики Мордовия нами была осуществлена попытка многовариантного моделирования оценки СКПН в регионе [Скворцова, 2011]. Интегральное измерение изучаемой категории проводилось тремя способами: по методике С. А. Айвазяна, на основе субъективной оценки жителей региона, путем объединения субъективной и объективной информации в единый индикатор социальной комфортности проживания населения.

При этом была проанализирована динамика в Республики Мордовия в 1994-2011 гг. значений интегрального показателя уровня СКПН (рис.5), рассчитанного по вышеописанной методике.

*Рис. 5. Динамика интегрального индикатора социальной комфортности проживания населения
в Республике Мордовия в 1994-2011 гг.*

Начиная с 2002 г., в Мордовии наметился рост уровня комфортности проживания населения. Это объясняется тем, что с 2004 г. в РФ и в т.ч. в Мордовии, наблюдается устойчивый экономический рост, который незамедлительно повлек за собой сбалансированность проводимой социальной политики и как следствие этого – повышение уровня комфортности проживания населения в Республике Мордовия. Снижение значений

после 2007 г. можно объяснить ухудшением социально-экономической ситуации в связи с мировым экономическим кризисом 2008 г. В 2010 г. вновь наметилась тенденция роста социальной комфортности проживания населения.

Субъективная оценка социальной комфортности базировалась на социологическом опросе, проведенном в Республике Мордовия в 2010 г. По результатам исследования был рассчитан коэффициент удовлетворенности социальными условиями, где каждый из десяти факторов, формирующих СКПН, был взвешен по уровню своей значимости (табл. 2). Он оказался равным 4,59. Неудивительно, что субъективная оценка социальной комфортности оказалась ниже рассчитанной (5,10). Это вполне логично, поскольку уровень потребностей достаточно высок, особенно у городских жителей. Подчас наши потребности растут быстрее технического прогресса, и обеспечить все потребности самыми достойными социальными условиями жизни просто не представляется возможным.

Таблица 2. Результаты социологического исследования населения Республики Мордовия. 2010 г.

Фактор социальной комфортности	Удовлетворенность населения (баллы)	Значимость фактора
Жилищные условия	8,08	8,57
Качество образования	7,69	7,63
Состояние здравоохранения	3,95	7,68
Культурный отдых, досуг	6,96	6,82
Общественная безопасность	5,00	7,18
Обеспеченность объектами инфраструктуры	4,97	7,09
Социальная патология общества	1,26	6,40
Организация труда	2,27	7,11
Социально-демографические условия	4,27	5,82
Социальная справедливость общества	0,08	6,68

Аккумуляция субъективной и объективной информации осуществлялась на основе построения еще одного интегрального показателя СКПН, получаемого в виде взвешенной комбинации значений первых модифицированных главных компонент каждого блока индикаторов социальной комфортности. Значимость каждого фактора, определенная в ходе социологического исследования, служила при вычислении этого показателя весовым коэффициентом. Следует заметить, что показатель социальной комфортности, совмещающий два подхода в измерении изучаемой категории, дает наиболее полное представление о реальном состоянии социальной среды проживания населения в Республике Мордовия. Он позволяет выявлять ее позитивную или негативную динамику для региона, определять ключевые направления совершенствования социальной политики региона, строить прогноз уровня комфортности проживания населения в регионе, результаты которого без ограничения могут быть использованы для принятия управленческих решений.

В заключении следует отметить, что социальная комфортность проживания населения в регионе — это явление, которому характерна двойственная структура. Она совмещает в себе субъективное и объективные начала, что является особенностью ее оценки, поэтому использование многовариантного моделирования может способствовать более надежному определению уровня социальной комфортности в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян С. А. К методологии измерения синтетических категорий качества жизни населения // Экономика и математические методы. — 2003. — №2. — С. 33-53.
2. Долгачева Т. А., Бучацкая Н. В., Ивлиева Н. Г., Манухов В. Ф. Картографическое моделирование оценки природно-экологической комфортности проживания населения в городе // Промышленное и гражданское строительство. — 2010 — № 6. — С. 16-18.
3. Ивлиева Н. Г., Долгачева Т. А., Манухов В. Ф., Бучацкая Н. В. Применение ГИС-технологий для оценки комфортности проживания населения в городе // ИнтерКарто/Интер ГИС-16: Устойчивое развитие территории : теория ГИС и практический опыт : матер. междунар. конф. (Ростов-на-Дону(Россия), Зальцбург (Австрия), 3-4 июля 2010 г.). — Ростов н/Д, 2010. — С. 140-144.
4. Манухов В. Ф., Ивлиева Н. Г., Пресняков В. Н., Примаченко Е. И. Проблемно-ориентированный междисциплинарный подход в обучении географов-картографов // Геодезия и картография. — 2008. — № 11. — С.61-64.
5. Методология статистического исследования социальной комфортности проживания населения в регионе (на примере Республики Мордовия) / Под ред. Ю.В. Сажина. — Саранск : [б.и.], 2010. — 117 с.
6. Скворцова М. А. Моделирование новых подходов к региональному развитию: синтез объективных и субъективных оценок уровня социальной комфортности проживания населения // Вестник Самарского государственного экономического университета. — 2011. — №7(81). — С. 84-90.
7. Тикунов В. С. Моделирование в картографии. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1997. — 405 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ВЕБ-СЕРВИСОВ

А.А. Кадочников

Институт вычислительного моделирования СО РАН

Красноярск, Россия

E-mail: scorant@icm.krasn.ru

ORGANIZATION AND VISUALIZATION OF OBSERVATIONAL DATA USING WEB MAPPING SERVICES

A.A. Kadochnikov

Institute of Computational Modeling SB RAS

Krasnoyarsk, Russia

E-mail: scorant@icm.krasn.ru

Abstract. Current trends in the field of nature protection are monitoring environmental pollution resulting from human impact on nature, and as a result of natural processes. Monitoring the