

A non-stationary model is being developed for the preparation and conduct of spacecraft control sessions, with the use of which an algorithm for evaluating the effectiveness of such processes is proposed. To simulate control sessions, random Markov processes with a discrete set of states and continuous time are used. A modified weighted graph and a system of differential equations are presented, the solution of which makes it possible to calculate the probabilistic-time indicators of the target effects of conducting control sessions, and then a generalized indicator of efficiency - the probability of achieving the goal, the results of computational experiments are presented and discussed.

Key words: probability, graph, intensity, model, failure, control session, efficiency.

Danilov Anatoly Isaevich, candidate of technical sciences, docent, Andrey.Danilov.aad@mail.ru, Russia, Saint Petersburg, Military-Space Academy named after A.F. Mozhayskiy,

Zubachev Aleksey Mikhaylovich, candidate of military sciences, professor, deputy Head of Department, alks72@mail.ru, Russia, Saint Petersburg, Military-Space Academy named after A.F. Mozhayskiy,

Danilov Andrey Anatolevich, senior software engineer, Andrey.Danilov.aad@mail.ru, Russia, Saint Petersburg, Saint-Petersburg, Nokia Solutions and Networks

УДК 528.013.4

DOI: 10.24412/2071-6168-2021-6-158-164

МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ «ЗАСВЕТКА» ПРИ ВЫБОРЕ УЧАСТКА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСА

Р.А. Ситков, П.А. Грушковский

Рассмотрены вопросы выбора земельных участков для размещения оптических средств наблюдения за космической обстановкой. Приведена методика оценивания предполагаемых мест дислокации оптико-электронных комплексов по показателю «Засветка». Представлен пример практического использования разработанной методики.

Ключевые слова: рекогносцировочные изыскания, земельный участок, астроклимат, качество, прозрачность атмосферы, засветка, аэрозоль.

При выборе участков для размещения оптико-электронных комплексов (ОЭК) одной из основных задач является оценка местных астроклиматических условий. Качественное решение данной задачи требует проведения многолетних прямых оптических наблюдений [1, 3, 4]. Например, при поиске места для размещения Большого телескопа азимутального (БТА) на Северном Кавказе астрономические экспедиции выезжали на места предполагаемого расположения БТА на протяжении нескольких лет, при этом измерения астроклимата на каждой из точек выполнялись непрерывно в течении от 1 до 4 месяцев. Общая продолжительность работ по выбору места для размещения БТА составила 8 лет [2].

Практика участия в рекогносцировочных изысканиях по выбору мест размещения ОЭК показывает, что время, отводимое на их проведение весьма ограничено (на непосредственное обследование участков отводится до 1 недели), что очевидно совершенно недостаточно для решения такого рода задачи. В этих условиях представляется целесообразным выполнять упрощённую косвенную оценку астроклиматических условий по имеющимся статистическим данным. Методика такого оценивания представлена в данной статье.

В соответствии с рассматриваемым подходом оценивание пригодности участков при проведении рекогносцировочных изысканий (РИ) для размещения ОЭК предлагается проводить по совокупности показателей качества (ПК), которые сведены в три основные группы: ограничения, качество и затраты.

Рассмотрим подробнее групповой ПК «Качество», структура которого применительно к ОЭК представлена на рис. 1. Данный показатель содержит показатели нижестоящего уровня:

- «Функциональная пригодность»;
- «Социально-бытовые и культурно досуговые показатели»;
- «Показатели безопасности»;
- «Транспортная доступность».

Весовые коэффициенты w_i данных показателей были определены в результате экспертного опроса, а наибольший весовой коэффициент на своем подуровне ($w_{2,6} = 0,31$) получил групповой ПК «Функциональная пригодность».

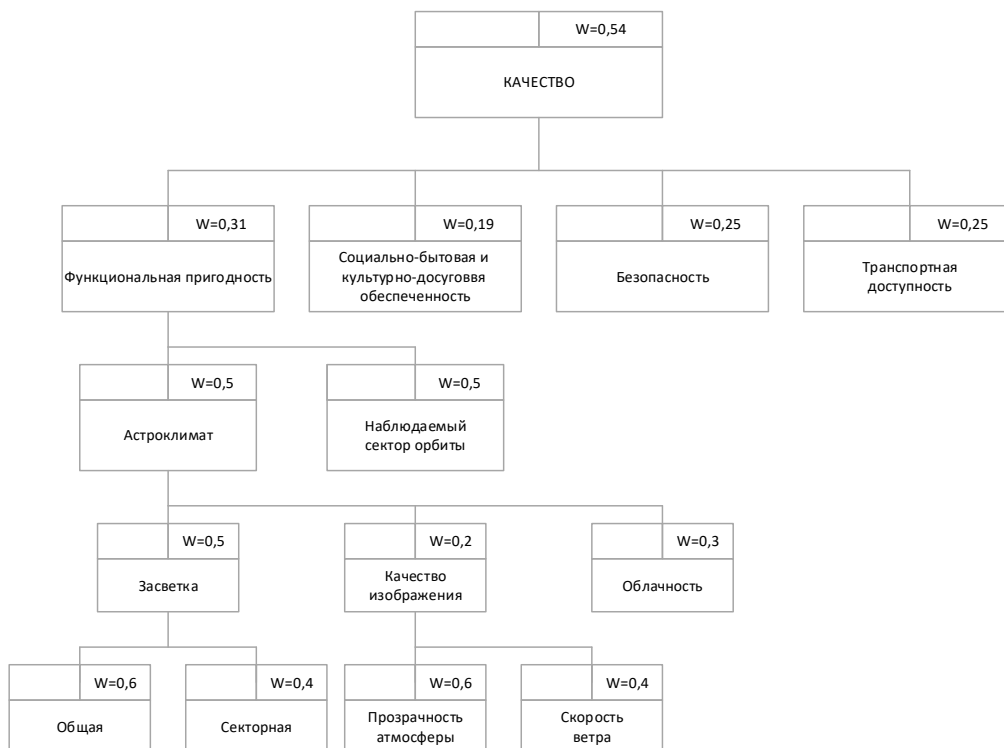


Рис. 1. Структура показателя «Качество» участка для размещения оптических средств

Показатель «Функциональная пригодность» в свою очередь является групповым и образован показателями «Астроклимат» и «Наблюдаемый сектор орбиты». При этом ПК «Астроклимат» также является групповым и образован такими ПК как «Засветка», «Качество изображения» и «Облачность».

В силу ограниченного объёма статьи рассмотрим подробнее только один (и самый сложно оцениваемый из них) показатель качества «Засветка».

Световое загрязнение местности «Засветка» неба имеет две составляющие: естественную и искусственную.

Естественное свечение неба складывается из суммарного свечения всех космических объектов и свечения земной атмосферы. Уровень естественной засветки в населённых пунктах и за их пределами одинаков.

Искусственная засветка делится на общую и местную.

Общая засветка представляет собой суммарное свечение всех городских, промышленных, транспортных и иных источников света, рассеянное на аэрозолях и молекулах воздуха.

Местная засветка – это близлежащие фонари, прожекторы, окна домов, промышленных объектов, фары автомобилей при наличии вблизи участка автомобильных дорог общего пользования. Вклад подобных источников в общую засветку незначителен, однако из-за близости к наблюдателю освещённость от них существенна, хотя и локализована в направлении на источник света.

При проведении РИ по выбору участка для размещения оптических средств оценивание общей засветки участка необходимо производить на подготовительном этапе, а наличие источников местной засветки на основном этапе (при непосредственном выезде на участки).

Для ряда ОЭК предназначенных, в частности, для наблюдения за геостационарными космическими объектами (ГСКО), важное значение может иметь засветка которую условно можно назвать «секторной».

«Секторная засветка» представляет собой разновидность местной засветки, формируемой удалёнными от места размещения ОЭК площадными объектами, например, населёнными пунктами. Наличие конусов засветки над такими объектами, может оказывать значительное негативное влияние на качество проведения наблюдений за ГСКО.

Значение уровня общей засветки для i -го участка C_i может определяться либо по накопленным статистическим данным (что малореализуемо на практике), либо по данным специализированных сайтов www.lightpollutionmap.info или www.cires.colorado.edu.

При использовании карт светового загрязнения с сайта www.lightpollutionmap.info значения приблизительной общей яркости неба в легенде карты (выделено красным прямоугольником на рис. 2) пересчитываются в оценку светового загрязнения:

$$K_{\text{ЗОбщ},i} = \frac{C_{\text{бр}} - C_i}{C_{\text{бр}} - C_{\text{эт}}}, \quad (1)$$

где C_i – значение приблизительной общей яркости неба для i -го участка; эталонное (наименьшее) значение приблизительной общей яркости неба, $C_{\text{эт}} = 0,174$ мкд/м² (обсерватория Мауна-Кеа, Гавайские острова); $C_{\text{бр}}$ – браковочное значение приблизительной общей яркости неба (при котором оптическое наблюдение космических объектов невозможно или нецелесообразно), $C_{\text{бр}} = 1,515$ мкд/м².

При наблюдении за ГСКО оценивание уровня секторной засветки важно в первую очередь в секторе видимости ГСКО, который является функцией широты места (табл. 1, рис. 3), на котором расположен ОЭК. Оценивание показателя «Секторная засветка» производится по формуле

$$K_{\text{ЗСект},i} = \frac{\alpha_{\text{НСО}} - \alpha_{\text{З.Сект},i}}{\alpha_{\text{НСО}}}, \quad (2)$$

где $\alpha_{\text{НСО}}$ – наблюдаемый сектор орбиты ГСКО, градус; $\alpha_{\text{З.Сект},i}$ – величина секторной засветки, для i -го участка.

Величину секторной засветки $\alpha_{\text{З.Сект},i}$ (рис. 4) можно определить с помощью различных геоинформационных систем (ГИС). Значение наблюдаемого сектора орбиты ГСКО, находим из зависимости (рис. 3), построенной по данным табл. 1.

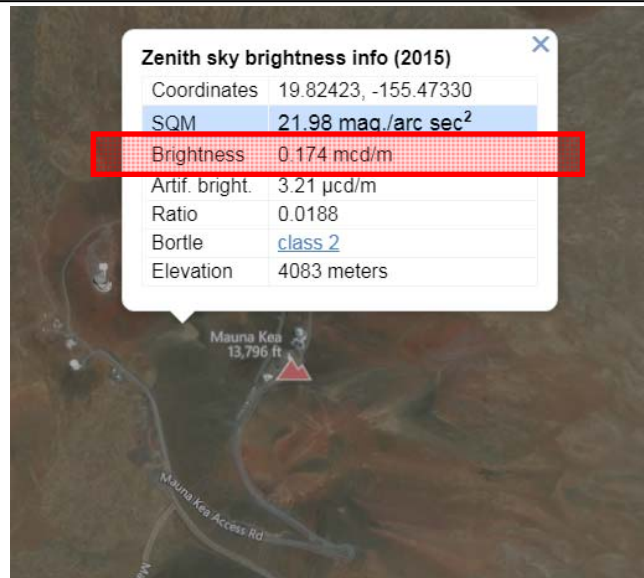


Рис. 2. Световое загрязнение обсерватория Мауна Кеа (Гавайские острова) по данным сайта www.lightpollutionmap.info

С учётом изложенного оценивание показателя качества участка «Засветка» производим по формуле

$$K_{\text{ЗАСВ},i} = K_{\text{ЗОБЩ},i} W_{\text{ЗОБЩ}} + K_{\text{ЗСЕКТ},i} W_{\text{ЗСЕКТ}}, \quad (3)$$

где $K_{\text{ЗОБЩ},i}$ – показатель «Засветка общая»; $K_{\text{ЗСЕКТ},i}$ – показатель «Засветка секторная»; $W_{\text{ЗОБЩ}}$ – вес показателя «Засветка общая», определенный путем экспертного опроса, $W_{\text{ЗОБЩ}} = 0,6$; $W_{\text{ЗСЕКТ}}$ – вес показателя «Засветка секторная», определенный путем экспертного опроса, $W_{\text{ЗСЕКТ}} = 0,4$.

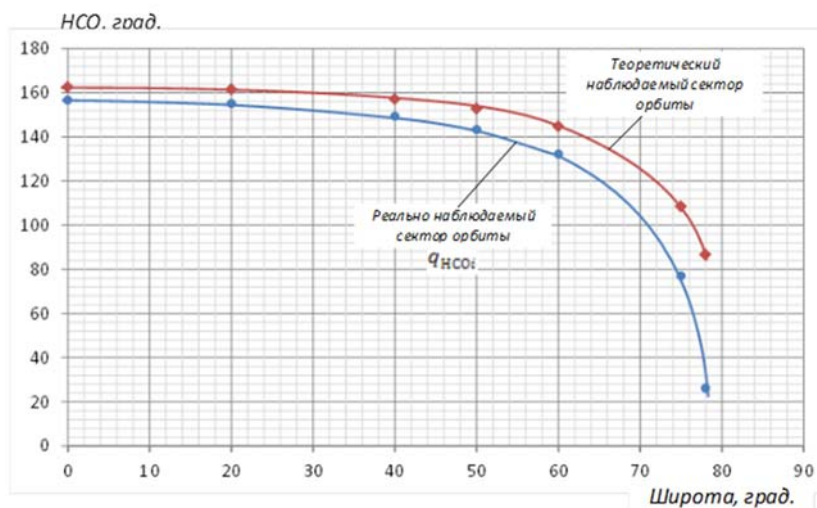


Рис. 3. Зависимость видимого сектора орбиты ГСКО от широты размещения ОЭЖ

Таблица 1
Зависимость видимого сектора орбиты ГСКО от широты размещения ОЭЖ (начало)

Широта местности, град.	Видимый сектор орбиты ГСКО	
	Теоретический сектор, град.	Реальный (с уч. рельефа) сектор, град.
90	–	–
82	–	–

Окончание табл. 1

Широта местности, град.	Видимый сектор орбиты ГСКО	
	Теоретический сектор, град.	Реальный (с уч. рельефа) сектор, град.
81	29,7	–
80	58,9	–
79	75,2	–
78	86,7	26,2
75	108,5	77
60	144,8	132,2
50	152,8	143,3
40	157,2	149,3
20	161,5	155,1
0	162,6	156,6



Рис. 4. Секторная засветка участков

Пример. Проиллюстрируем применение представленной методики на примере ряда произвольно заданных участков в районе г. Комсомольск-на-Амуре (рис. 4, табл. 2).

Таблица 2

Участки, выбранные для примера расчёта показателя «Засветка»

№ п/п	C_i , мкд/м ²	$C_{ЭГ}$, мкд/м ²	$C_{бр}$, мкд/м ²	$\alpha_{НСО}$, град	$\alpha_{З.СЕКТ.i}$, град	$K_{ЗОБЩ.i}$	$K_{ЗСЕКТ.i}$	$W_{ЗОБЩ}$	$W_{ЗСЕКТ}$	$K_{ЗАСВ.i}$
1	0,190	0,174	1,515	143	105	0,99	0,27	0,6	0,4	0,70
2	0,308	0,174	1,515	143	65	0,90	0,55	0,6	0,4	0,76
3	0,206	0,174	1,515	143	93	0,98	0,35	0,6	0,4	0,73
4	0,194	0,174	1,515	143	18	0,99	0,87	0,6	0,4	0,94

Для того, чтобы перевести полученные количественные оценки показателя качества «Засветка» для выбранных участков в качественные используем вербально-числовую шкалу Харрингтона (табл. 3).

Из табл. 2 видно, что показатель «Засветка общая» рассмотренных участков $K_{ЗОБЩ.i}$ находится в диапазоне от 0,9 до 0,99, что позволяет с учётом табл. 3, интерпретировать пригодность данных участков для размещения ОЭК как «очень высокую».

Однако с учётом предназначения комплекса (наблюдение в т.ч. и за ГСКО) и введения дополнительного показателя «Засветка секторная» оценка соответствия рассмотренных участков требованиям, предъявляемым к размещению ОЭК по показателю «Засветка», выглядит следующим образом:

участки №№1-3 соответствует интенсивности показателя «высокая»;
участок №4 соответствует интенсивности показателя «очень высокая».

Таблица 3

Вербально-числовая шкала Харрингтона

№ п/п	Описательная интенсивность оцениваемого показателя А	Числовое значение оцениваемого показателя А
1	Очень высокая	$0,8 \leq A < 1,0$
2	Высокая	$0,64 \leq A < 0,8$
3	Средняя	$0,37 \leq A < 0,64$
4	Низкая	$0,2 \leq A < 0,37$
5	Очень низкая	$0,0 \leq A < 0,2$

Таким образом, уточнение методики, изложенной в [5], путем введения дополнительного показателя качества участка «Засветка секторная» позволила повысить её разрешающую способность. Данное уточнение, позволяет оценить условия светового загрязнения, рассматриваемых при проведении рекогносцировочных изысканий участков, для размещения ОЭК с точки зрения возможности наблюдения за ГСКО.

В первую очередь данное уточнение методики важно для ОЭК наблюдающих за ГСКО, однако при соответствующей модификации, она может быть использована и для ОЭК решающих другие целевые задачи. Отличие методики в этом случае будет заключаться в том, что секторная засветка не будет ограничиваться сектором наблюдения за ГСКО, но обретёт «всеракурсный» характер.

Выводы. Представленная в статье «Методика оценивания показателя «Засветка» при выборе участка для размещения оптико-электронного комплекса» не претендует на большую точность, однако она позволяет производить упрощённое оценивание участков по данному показателю при проведении рекогносцировочных изысканий.

Достоинством методики является возможность выполнения расчётов, на основе открытых данных, доступных без непосредственного выезда на участки и не требующих проведения длительных наблюдений.

Использование методики не отменяет необходимости выезда на участки признанные наиболее подходящими по результатам расчёта, т.к. она не учитывает, как наличия местной засветки, так и ряда других факторов, учитываемых при выборе места размещения объекта. Однако её применение позволяет выявить участки, которые заведомо не подходят для размещения объекта.

В качестве направления дальнейших исследований следует в первую очередь указать необходимость уточнения границ секторной засветки как по азимуту, так и по дальности объекта, создающего засветку от рассматриваемого участка.

Список литературы

1. Коваadlo П.Г., Кочеткова О.С., Шиховцев А.Ю. Оптическая нестабильность земной атмосферы южной части Восточной Сибири. Новосибирск.: Издательство СО РАН, Вып. 17, 2011. С. 80-85.
2. Панчук В.Е., Афанасьев В.Л. Астроклимат Северного Кавказа – мифы и реальность Астрофизический бюллетень том.66 №2, 2011. С. 253-274.
3. Тимофеев Ю.М., Васильев А.В. Основы теоритической атмосферной оптики. Учебно-методическое пособие. СПб.: СПбГУ, 2007. 152 с.
4. Носов В.В., Григорьев В.М., Коваadlo П.Г., Лукин В.П., Носов Е.В., Торгаев А.В. Практические рекомендации по выбору мест размещения наземных астрономических телескопов. Новосибирск: Издательство СО РАН, Вып. 18, 2011. С. 86-97.

5. Ситков Р.А., Грушковский П.А., «Методика оценивания пригодности участка для размещения оптико-электронного комплекса по показателю «Астроклимат» / Р.А. Ситков, П.А. Грушковский // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. Вып. 10. С. 264-272.

Грушковский Павел Анатольевич, канд. техн. наук, начальник лаборатории, vka-onr@mail.ru, Россия, Санкт-Петербург, Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского,

Ситков Роман Александрович, канд. техн. наук, начальник отдела, vka-onr@mail.ru, Россия, Санкт-Петербург, Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского

METHODOLOGY FOR EVALUATING THE INDICATOR «ILLUMINATION» WHEN CHOOSING A SITE FOR THE PLACEMENT OF AN OPTOELECTRONIC COMPLEX

R.A. Sitkov, P.A. Grushkovskiy

The article deals with the selection of land plots for the placement of optical means of observing the space situation. The method of estimating the estimated locations of optoelectronic complexes by the indicator "Illumination" is given. An example of the practical use of the developed methodology is presented.

Key words: reconnaissance surveys, land plot, astroclimate, quality, atmospheric transparency, illumination, aerosol.

Grushkovskiy Pavel Anatolievich, candidate of technical sciences, chief of scientific laboratory, vka-onr@mail.ru, Russia, Saint-Peterburg, Mozhaisky Military Aero Space Academy,

Sitkov Roman Aleksandrovich, candidate of technical sciences, chief of scientific department, vka-onr@mail.ru, Russia, Saint-Peterburg, Mozhaisky Military Aero Space Academy

УДК 621.396

DOI: 10.24412/2071-6168-2021-6-164-170

СПОСОБ ВЫЯВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВЗАИМОСВЯЗНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ОПЕРАТИВНОМ ПОСТРОЕНИИ ВОЙСК

Н.П. Удальцов, П.А. Агеев, П.В. Заика

Рассматриваются вопросы выявления характеристик взаимосвязности размещения объектов в оперативном построении войск.

Ключевые слова: объект, взаимосвязность, группировка войск, радиомониторинг.

В системном представлении группировок войск важное место занимает их структурное описание. Структурное описание любой системы включает в себя данные о количестве элементов системы и данные об их взаимосвязи.