



DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu11.2016.3.4>

УДК 630*450+582.475

ББК 43.4

МЕТОД ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ, ПОДВЕРГНУВШИХСЯ АНТРОПОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Эльбрус Керим оглы Ализаде

Доктор географических наук, профессор,
заместитель директора Института географии,
Национальная академия наук Азербайджана
alizade2015@rambler.ru
ул. Г. Джавида, 31, AZ1143 г. Баку, Республика Азербайджан

Фидан Эльхан гызы Гулиева

Аспирант,
Национальное аэрокосмическое агентство Азербайджана
fidash2013@mail.ru
ул. С.С. Ахундова, 1, AZ1106 г. Баку, Республика Азербайджан

Аннотация. Отмечается, что фрагментация лесов неизбежно воздействует на природные процессы формирования и/или восполнения пустых участков, существующих в лесных массивах. Фазовая динамика изменения таких пустых участков оказывает существенное воздействие на развитие лесов и содержит значительную информацию об общем состоянии леса. В статье изложены теоретические основы предлагаемой информационной модели взаимосвязи частотности появления пустых участков и их размеров. Предлагаемая информационная модель позволяет исследовать особенности взаимосвязи частотности появления пустых участков и их размеров. Получена формула, позволяющая оценить информативность результатов дистанционного зондирования состояния лесов по признаку статистики выявленных пустот в лесных массивах. Предложен метод, позволяющий проводить диагностику состояния лесов по информативности результатов дистанционного зондирования по признаку статистики выявленных пустот в лесных массивах. Изучены экстремальные свойства данной информационной оценки путем проведения модельного исследования с учетом известной закономерности во взаимосвязи частотности пустот и их размеров.

Ключевые слова: лес, антропогенный фактор, информация, рубка лесов, оптимизация, модель.

Введение. Известно, что леса играют важную роль в регулировании биосферных и атмосферных процессов, представляя собой своеобразное пристанище биоразнообразия на Земле [1; 2; 4; 5–7; 9; 11; 13; 17]. При этом антропогенный фактор значительно воздействует на жизнь лесных участков и их экосистемную роль. Одним из широко распростра-

ненных видов воздействия человека на леса является фрагментация лесов, осуществляемая в виде рубки деревьев и оказывающая непосредственное влияние на биоразнообразие лесов [3; 8; 10; 14; 16], а также на их структуру, в особенности в крайних участках лесных массивов [12; 15; 18–20]. С ростом фрагментации лесов их способность регулировать

глобальные энергетические и гидрологические циклические процессы ослабляется. Процессы фрагментации лесов неизбежно воздействуют на природные процессы формирования и/или восполнения пустых участков, существующих в лесных массивах. Фазовая динамика изменения таких пустых участков, в свою очередь, оказывает некоторое воздействие на развитие лесов и содержит значительную информацию об общем состоянии леса. В настоящей статье предлагается метод оценки информативности дистанционного определения степени антропогенного воздействия на лесные массивы по признаку выявления и определения частотности появления пустых участков в лесах.

Предлагаемая модель статистических свойств появления больших пустот в лесном покрове. Предлагаемый метод оценки информативности дистанционного зондирования. Частотное распределение пустот в общей кроне лесного покрова определяется показательным законом распределения плотности вероятности [13]. Согласно этому закону плотность вероятности $f(s)$ определяется как

$$f(S) = \frac{S^{-\lambda}}{\zeta(\lambda)}, \quad (1)$$

где S – размер пустого участка; λ – параметр распределения; $\zeta(\lambda)$ – дзета функция Римана.

Также используется модель, где показатель λ является функцией расстояния d от конкретной рассматриваемой точки в лесном массиве до края этого массива [16]. В этой модели

$$\lambda = \beta_0 + \beta_1 \cdot e^{-\beta_2 \log_2 d}, \quad (2)$$

где $\beta_0, \beta_1, \beta_2 = \text{const}$.

Вместе с тем при исследовании динамики образования больших пустот в лесах из-за природных факторов, а также антропогенной деятельности выяснилось, что выражения типа (1) в принципе не соблюдаются [14]. Пустоты крупного размера имеют логнормальный закон распределения (рис. 1).

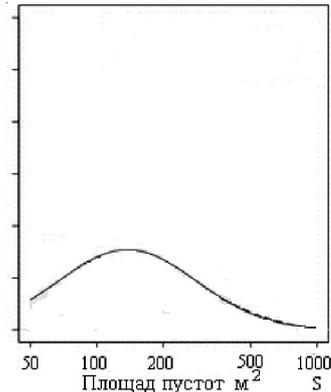


Рис. 1. Плотность вероятности распределения больших пустот, образовавшихся в лесах [14]

Нами предлагается зонально-неоднородная равновероятная модель появления пустых участков в лесах. Эта модель основывается на следующих положениях:

- лесной массив состоит из множества L , включающего n количество подмножеств $L_i, i = \overline{1, n}$. В каждое подмножество L_i входят лесные зоны $D_{i,j}, j = \overline{1, m_i}$, содержащие пустоты размером S_i . В каждой такой зоне находится всего лишь один пустой участок;

- допускается, что в участках, входящих в подмножество L_i , плотность вероятности распределения размеров участков подчиняется равномерному закону, при этом размер участка может изменяться в пределах $0 \div S_i$;

- несмотря на равномерный закон распределения размеров пустых участков в пределах каждого подмножества L_i , в целом в пределах множества L закон распределения оказывается трапециодальным, что иллюстрируется на рисунке 2.

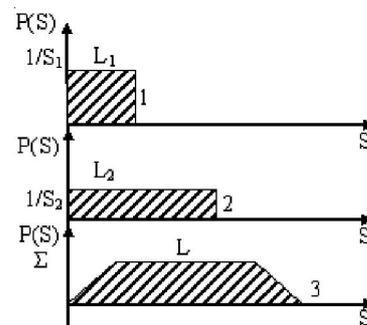


Рис. 2. Иллюстрация формирования трапециодального закона распределения элементов множества L , состоящего из двух подмножеств L_1 и L_2 . (В пределах L_1 и L_2 соблюдается равномерный закон распределения соответственно S_1 и S_2)

Допускается, что при большой величине n общий вид закона распределения $P(S_L)$, где S_L – элемент множества, L приближается к функции распределения, показанной на рисунке 2.

Вышеуказанные положения позволяют нам построить следующую информационную модель взаимосвязи частотности появления пустых участков и их размеров. Применительно к подмножеству L_i информация, содержащаяся в получаемых при измерениях данных, определится как

$$M(L_i) = m_i \cdot \log_2 \frac{S_i}{\Delta S}, \quad (3)$$

где ΔS – квант измерения площади пустот; m_i – количество проводимых измерений в подмножестве L_i .

Суммируя (3) по всем i , получим

$$M(L) = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \log_2 \frac{S_i}{\Delta S}. \quad (4)$$

Выражение (4) в непрерывном виде запишем как

$$M(L) = \int_0^{S_{\max}} m \cdot \log_2 \frac{S}{\Delta S} dS. \quad (5)$$

Введем на рассмотрение функцию

$$m = \varphi(S). \quad (6)$$

И далее осуществим переход от m к показателю частотности $f(s)$ с помощью равенства

$$m = k \cdot f(S), \text{ где } k = \text{const}. \quad (7)$$

Таким образом, с учетом (5)–(7) получим

$$M(L) = \int_0^{S_{\max}} kf(S) \cdot \log_2 \frac{S}{\Delta S} dS. \quad (8)$$

Полученная формула (8) позволяет оценить информативность результатов дистанционного зондирования состояния лесов по признаку статистики выявленных пустот в лесных массивах. Для выяснения экстремальных свойств данной информационной оценки проведем модельное исследование с учетом известной закономерности

взаимосвязи частотности пустот и их размеров.

Модельное исследование. Существует фактическая линейная убывающая зависимость между логарифмической величиной частотности появления пустых участков заданного размера $\log_2 f(S)$ и логарифмом размеров участков $\log_2 S$ [14]. На рисунке 3 приведен линейно аппроксимированный вид экспериментальных данных [14], полученных при наблюдениях на уровне высоты крана 20 м, где $\lambda = 1,74$; $n = 439$ (n – количество картированных пустых участков).

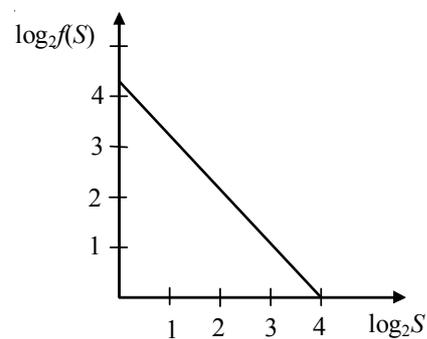


Рис. 3. Линейная аппроксимация зависимости $\log_2 f(S)$ от $\log_2 S$, где $f(S)$ – частотность появления пустого участка с размером S

С учетом графика, представленного на рисунке 3, можно составить следующее ограничительное условие:

$$\int_0^{S_{\max}} [\log_2 f(S) - k_1 \log_2 S] dS = C, \quad (9)$$

где $C = \text{const}$, $k_1 = \text{const}$.

С учетом выражений (8) и (9) составим вариационную задачу безусловной оптимизации:

$$M_0(L) = \int_0^{S_{\max}} kf(S) \cdot \log_2 \frac{S}{\Delta S} dS - \gamma \int_0^{S_{\max}} [\log_2 f(S) - k_1 \log_2 S] dS, \quad (10)$$

где γ – множитель Лагранжа.

Согласно методу Эйлера оптимальная функция $f(s)$, приводящая функционал (10) к экстремальному значению, должна удовлетворять условию

$$\frac{d\left\{kf(S)\log_2\frac{S}{\Delta S}-\gamma[\log_2 f(S)-k_1\log_2 S]\right\}}{df(S)}=0. \quad (11)$$

С учетом выражений (11) получим

$$k\cdot\log_2\frac{S}{\Delta S}-\frac{\gamma}{f(S)}=0. \quad (12)$$

Из выражения (12) имеем

$$f(S)=\frac{\gamma}{k\log_2\frac{S}{\Delta S}}. \quad (13)$$

С учетом выражений (9) и (13) получим

$$\int_0^{S_{\max}}\left[\log_2\left(\frac{\gamma}{k\log_2\frac{S}{\Delta S}}\right)-k_1\log_2\right]dS=C. \quad (14)$$

Очевидно, что выражение (14) позволяет вычислить значение γ . Не вдаваясь в подробности такого вычисления, полученное значение множителя Лагранжа обозначим как γ_0 . В этом случае из выражения (12) имеем

$$f(S)=\frac{\gamma_0}{k\cdot\log_2\frac{S}{\Delta S}}. \quad (15)$$

Таким образом, при существовании зависимости между частотностью появления $f(s)$ пустот размером S и показателем S в виде (15) функционалы (8) и (14) достигают экстремума.

Для нахождения типа экстремума достаточно вычислить

$$\psi=\frac{d^2\left\{kf(s)\log_2\frac{S}{\Delta S}-\gamma[\log_2 f(S)-k_1\log_2 S]\right\}}{df(S)} \quad (16)$$

и убедиться, что при положительном γ_0 ψ является положительной величиной, то есть функционалы (8) и (14) достигают минимума.

Следовательно, показано, что при наличии обратной зависимости между частотностью $f(s)$ и энтропией $\log_2\frac{S}{\Delta S}$ следует ожидать минимальной информативности результата дистанционного зондирования лесов на предмет

обнаружения и изучения статистики пустот в лесных массивах.

Алгоритм предлагаемого метода может быть изложен в следующей последовательности:

1. Составляется множество

$$Z=\{f_i(S);i=\overline{1,n}\}.$$

2. Последовательно вычисляются значения функционала:

$$M(L);i=\overline{1,n}.$$

3. Определяется i , при котором

$$f_i(S)\rightarrow\min.$$

4. Проверяется предикат

$$f_i(S)=\frac{\gamma}{k\log_2\frac{S}{\Delta S}}. \quad (17)$$

5. Если условие (17) выполняется, то выводится заключение о наличии в лесном массиве пустот антропогенного происхождения; в обратном случае считаем, что таких пустот нет.

Блок-схема алгоритма предлагаемого метода показана на рисунке 4.

Заключение. Используя полученные результаты анализа информативности, можно предложить практическое правило для обнаружения факта наличия пустот антропогенного происхождения в лесных массивах методом дистанционного зондирования. Так как: (а) оценка информативности дистанционного зондирования в виде выражения (5) верна только для случая наличия двух подмножеств L_1 и L_2 (рис. 1); (б) подмножество L_1 , характеризующее множество пустот естественного происхождения, существует почти всегда; (с) при наличии подмножества L_2 , характеризующего множество пустот антропогенного происхождения, функционал (8) с учетом выражения (15) будет достигать минимума, то критерием обнаружения пустот антропогенного характера можно принять факт достижения минимума функционалом (8) только при использовании функции (15) для вычисления численных величин $M(L)$.

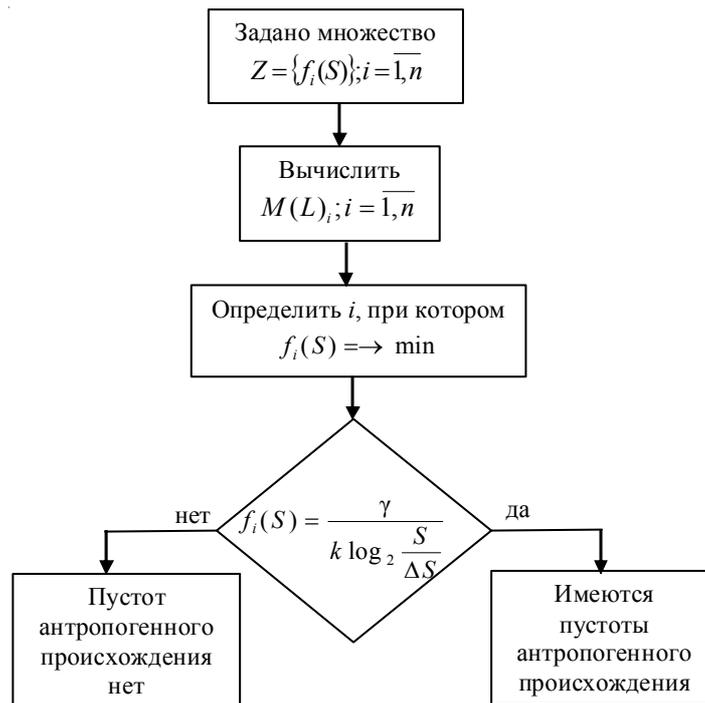


Рис. 4. Блок-схема алгоритма предлагаемого метода

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюханов, А. В. Экологическая оценка состояния лесов в Сибири: тревожные результаты / А. В. Брюханов // Всемирный фонд охраны дикой природы. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: wwf.ru/data/forests/obzor_sibirskie_lesa.pdf. – Загл. с экрана.

2. Бурова, Н. В. Антропогенная трансформация пригородных лесов : монография / Н. В. Бурова, П. А. Феклистов. – Архангельск : Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2007. – 264 с.

3. Варламова, Н. Н. Лесной комплекс дальнего востока: перспективы сотрудничества со странами северо-восточной Азии / Н. Н. Варламова // Россия и Китай: новый вектор развития социально-экономического сотрудничества : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – 2013. – С. 192–196.

4. Ведущие антропогенные факторы, нарушающие стабильность экосистем Ялтинского горно-лесного природного заповедника / В. Г. Кобечинская, А. Д. Свольинский, М. Д. Свольинский, В. В. Капитонов // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2010. – Вып. 2 (21). – С. 58–74.

5. Волкова, Е. С. Интегральный анализ рисков лесопользования в таежной зоне Западной Сибири / Е. С. Волкова // Научный журнал КубГАУ. – № 81 (07). – 2012. – С. 991–1007.

6. Гагина, Н. В. Оценка антропогенного воздействия на окружающую среду Минской обла-

сти / Н. В. Гагина // Вестник БГУ. Сер. 2. – 2005. – № 2. – С. 88–94.

7. Заугольнова, Л. Б. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках европейской России / Л. Б. Заугольнова. – М : Научный мир, 2000. – 196 с.

8. Киселева, А. А. Государственно-частное партнерство как инструмент повышения эффективности лесопромышленного комплекса / А. А. Киселева, М. Н. Мелкомукова // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 12-2 (53-2). – С. 897–899.

9. Никищенко, Н. Г. Природные и антропогенные факторы возникновения лесных пожаров в Воронежской области / Н. Г. Никищенко, Т. В. Овчинникова // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. – 2007. – № 2. – С. 100–103.

10. Редька, Г. И. Исторический очерк искусственного лесовозобновления и лесоразведения в СССР / Г. И. Редька, И. В. Трещевский // Рукотворные леса. – М. : Агропромиздат, 1986. – С. 3–17.

11. Чжан, С. А. Особенности вторичных сукцессионных процессов в зонах антропогенного загрязнения / С. А. Чжан // Системы. Методы. Технологии. – 2009. – № 2. – С. 113–116.

12. Forest Resources Assessment 1990. Global Synthesis. – Rome : FAO, 1995. – 120 p.

13. Forest Canopy Gap Distributions in the Southern Peruvian Amazon / P. A. Gregory, R. K. James, K. Ty [et al.] // PLOS ONE. – 2013. – Vol. 8. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0060875>.

14. Improving Methods in Gap Ecology: Revisiting Size and Shape Distributions Using a Model Selection Approach / A. F. de Lima Renato, I. P. Paulo, A. M. Z. Martini [et al.] // *Journal of Vegetation Science*. – 2013. – Vol. 24, iss. 3. – P. 484–495. – DOI: 10.1111/j.1654-1103.2012.01483.x.

15. Menon, S. Applications of Geographic Information Systems, Remote-Sensing and a Landscape Ecology Approach to Biodiversity Conservation in the Western Ghats / S. Menon, K. S. Bawa // *Current Sciences*. – 1997. – Vol. 73. – P. 134–145.

16. Nicholas, R. V. Long-Term Fragmentation Effects on the Distribution and Dynamics of Canopy Gaps in a Tropical Montane Forest / R. V. Nicholas, P. A. Gregory, P. G. Chirstian // *Ecosphere*. – 2015. – Vol. 6(12). – P. 1–15. – DOI: 10.1890/ES15-00235.1.

17. Nikonov, M. Features of Changes in the Structure of Forest Stands in Conditions of the Novgorod Region / M. Nikonov // *GISAP. Biology, Veterinary Medicine and Agricultural Sciences*. – 2015. – № 6. – С. 19–22.

18. Puyravaud, J.-Ph. Standardizing the Calculation of the Annual Rate of Deforestation. Short Communication / J.-Ph. Puyravaud // *Forest Ecology and Management*. – 2003. – Vol. 177. – P. 593–596.

19. Ten Year Landsat Classification of Deforestation in the Brazilian Amazon / M. Souza, J. V. Siqueira, M. H. Sales [et al.] // *Remote Sensing*. – 2013. – № 5. – P. 5493–5513. – DOI: 10.3390/rs5115493.

20. Tool for Calculating Deforestation Rates Using Incomplete Remote Sensing Images / Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). Terra Global Capital. – Electronic text data. – Mode of access: <http://database.v-c-s.org/methodologies/tool-calculating-lulc-transitions-and-deforestation-rates-using-incomplete-remote>. – Title from screen.

REFERENCES

1. Bryukhanov A.V. *Ekologicheskaya otsenka sostoyaniya lesov v Sibiri: trevozhnye rezultaty* [Environmental Assessment of the State of Forests in Siberia: the Alarming Results]. *Vsemirnyy fond okhrany dikoy prirody* [World Wildlife Fund]. Available at: wwf.ru/data/forests/obzor_sibirskie_lesa.pdf.

2. Burova N.V., Feklistov P.A. *Antropogennaya transformatsiya prigorodnykh lesov: monografiya* [Anthropogenic Transformation of Suburban Forests: Monograph]. Arkhangelsk, Izd-vo Arkhang. gos. tekhn. un-ta, 2007. 264 p.

3. Varlamova N.N. *Lesnoy kompleks dalnego vostoka: perspektivy sotrudnichestva so stranami severo-vostochnoy Azii* [Forest Complex of the Far East: Prospects for Cooperation with the North-East Asian Countries]. *Rossiya i Kitay: novyy vektor razvitiya*

sotsialno-ekonomicheskogo sotrudnichestva: materialy II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Russia and China: a New Vector of Development of Socio-Economic Cooperation: Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference], 2013, pp. 192–196.

4. Koberchinskaya V.G., Svolynskiy A.D., Svolynskiy M.D., Kapitonov V.V. *Vedushchie antropogennye faktory, narushayushchie stabilnost ekosistem Yaltinskogo gorno-lesnogo prirodnogo zapovednika* [Leading Human Factors that Violate the Stability of Ecosystems of Yalta Mountain-Forest Nature Reserve]. *Ekosistemy, ikh optimizatsiya i okhrana*, 2010, iss. 2 (21), pp. 58–74.

5. Volkova E.S. *Integralnyy analiz riskov lesopolzovaniya v taezhnoy zone Zapadnoy Sibiri* [The Integrated Analysis of Risks in the Forest of the Taiga Zone of Western Siberia]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*, 2012, no. 81 (07), pp. 991–1007.

6. Gagina N.V. *Otsenka antropogennogo vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu Minskoy oblasti* [Assessment of Anthropogenic Impacts on the Environment of the Minsk region]. *Vestnik BGU. Ser. 2.*, 2005, no. 2, pp. 88–94.

7. Zaugolnova L.B. *Otsenka i sokhranenie bioraznoobraziya lesnogo pokrova v zapovednikakh evropeyskoy Rossii* [Assessment of Forest Cover and Biodiversity Conservation in Protected Areas of European Russia]. Moscow, Nauchnyy mir Publ., 2000. 196 p.

8. Kiseleva A.A., Melkomukova M.N. *Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo kak instrument povysheniya effektivnosti lesopromyshlennogo kompleksa* [Public-Private Partnership as a Tool to Improve the Efficiency of Timber Industry Complex]. *Ekonomika i predprinimatelstvo*, 2014, no. 12-2 (53-2), pp. 897–899.

9. Nikishchenko N.G., Ovchinnikova T.V. *Prirodnye i antropogennye faktory vozniknoveniya lesnykh pozharov v Voronezhskoy oblasti* [Natural and Anthropogenic Factors of Forest Fires in the Voronezh Region]. *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2007, no. 2, pp. 100–103.

10. Redka G.I., Treshchevskiy I.V. *Istoricheskiy ocherk iskusstvennogo lesovozobnovleniya i lesorazvedeniya v SSSR* [Historical Sketch of Artificial Reforestation and Afforestation in the USSR]. *Rukotvornye lesa* [Man-Made Forests]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986, pp. 3–17.

11. Chzhan S.A. *Osobennosti vtorichnykh suksessionnykh protsessov v zonakh antropogennogo zagryazneniya* [Features of Secondary Successional Processes in the Areas of Anthropogenic Pollution]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*, 2009, no. 2, pp. 113–116.

12. *Forest resources assessment 1990. Global Synthesis*. Rome, FAO, 1995. 120 p.

13. Gregory P.A., James R.K., Ty K., et al. *Forest Canopy Gap Distributions in the Southern Peruvian*

Amazon. *PLOS ONE*, 2013, vol. 8, iss. 4. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0060875>.

14. Renato A.F. de Lima, Paulo I.P., Martini A.M.Z., et al. Improving Methods in Gap Ecology: Revisiting Size and Shape Distributions Using a Model Selection Approach. *Journal of Vegetation Science*, 2013, vol. 24, iss. 3, pp. 484-495. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2012.01483.x.

15. Menon S., Bawa K.S. Applications of Geographic Information Systems, Remote-Sensing and a Landscape Ecology Approach to Biodiversity Conservation in the Western Ghats. *Current Sciences*, 1997, vol. 73, pp. 134-145.

16. Nicholas R.V., Gregory P.A., Chirstian P.G. Long-Term Fragmentation Effects on the Distribution and Dynamics of Canopy Gaps in a Tropical Montane Forest. *Ecosphere*, 2015, vol. 6 (12), pp. 1-15. DOI: 10.1890/ES15-00235.1.

17. Nikonov M. Features of Changes in the Structure of Forest Stands in Conditions of the Novgorod Region. *GISAP. Biology, veterinary medicine and agricultural sciences*, 2015, no. 6, pp. 19-22.

18. Puyravaud J.-Ph. Standardizing the Calculation of the Annual Rate of Deforestation. Short Communication. *Forest Ecology and Management*, 2003, vol. 177, pp. 593-596.

19. Souza M., Siqueira J.V., Sales M.H., et al. Ten Year Landsat Classification of Deforestation in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing*, 2013, no. 5, pp. 5493-5513. DOI: 10.3390/rs5115493.

20. *Tool for Calculating Deforestation Rates Using Incomplete Remote Sensing Images/ Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). Terra Global Capital*. Available at: <http://database.v-c-s.org/methodologies/tool-calculating-lulc-transitions-and-deforestation-rates-using-incomplete-remote>.

METHOD FOR CONTROL OF CONDITION OF FOREST EXPOSED TO ANTHROPOGENIC IMPACT

Elbrus Kerim ogly Alizade

Doctor of Geographical Sciences, Professor,
Deputy Head of Institute of Geography,
National Academy of Sciences of Azerbaijan
alizade2015@rambler.ru
G. Dzhabida St., 31, AZ1143 Baku, Republic of Azerbaijan

Fidan Elkhan gyzy Gulieva

Postgraduate Student,
National Aerospace Agency
fidash2013@mail.ru
S.S. Akhundova St., 1, AZ1106 Baku, Republic of Azerbaijan

Abstract. It is noted that the fragmentation of forests directly effects the natural processes of forming and/or infilling of bare land plots existing in forests. The phase dynamics of such bare land plots renders a significant effect on development of forests and contains the important information on general condition of forests. In the article the theoretical grounds of suggested information model of interrelation of frequency of appearance of bare land plots and their sizes are described. The suggested information model makes it possible to study the peculiarity of interrelation of frequency of bare land plots and their sizes. The formulae allowing to estimate the information content of results of remote sensing of forest condition using sign of statistics of found bare land plots in forests are derived. This method makes it possible to carry out the diagnosis of forests' condition by means of remote sensing results using the statistical sign concerning the found bare land plots in forests. The extremum property of such information estimate is studied by carrying out the model taking into account the known regularities of interrelation of bare land plots frequencies and their sizes.

Key words: forest, anthropogenic factor, information, deforestation, optimization, model.