

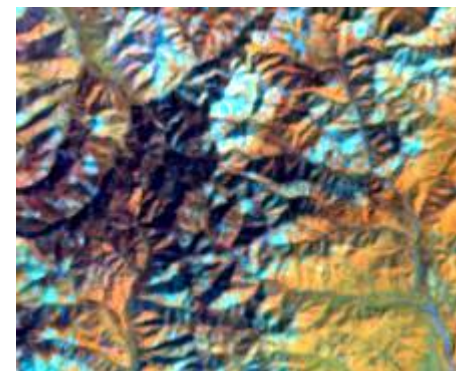
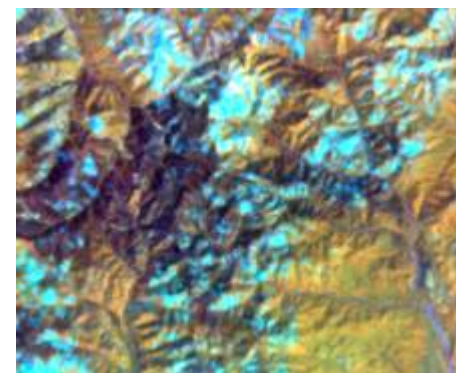
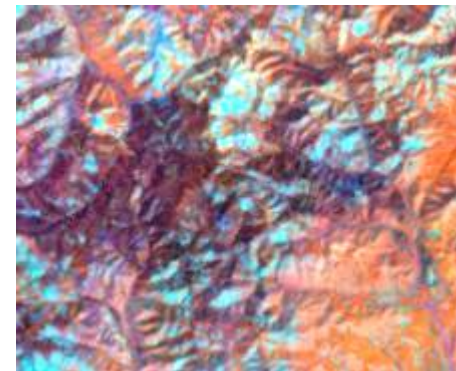
Топографическая нормализация данных дистанционного зондирования Земли при картографировании лесов

Егоров В.А., Барталев С.А.

Топографическая нормализация

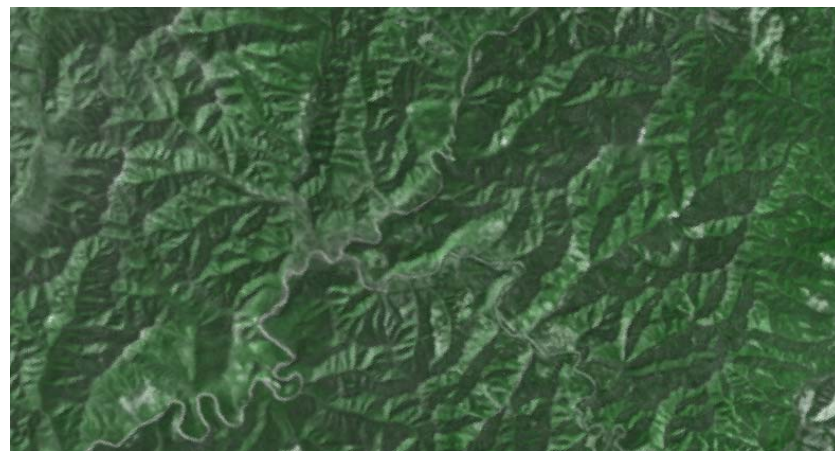
Целью топографической нормализации является преобразование дистанционно измеренных значений коэффициента отражения наклонных участков земной поверхности в потенциально присущие им при горизонтально плоском положении величины, с тем, чтобы снизить вызванную различиями ориентации и крутизны склонов вариабельность отражательных характеристик однотипных объектов.

Топографическая нормализация является одним из важных этапов предварительной обработки спутниковых изображений, часто применяясь в сочетании с другими видами радиометрической коррекции, направленными на компенсацию эффектов, вызванных изменениями геометрических условий освещения и наблюдения земной поверхности, неизотропностью отражения ею излучения, пространственной неоднородностью его рассеяния и поглощения атмосферой, некоторыми другими факторами. При этом, проведение атмосферной коррекции с использованием, таких методов как, например, 6S или DOS (Dark Object Subtraction), исходят из предположения горизонтально плоской земной поверхности.

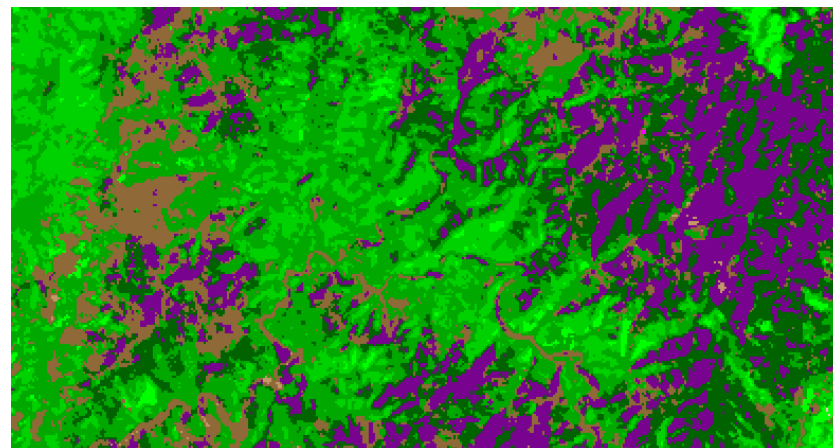
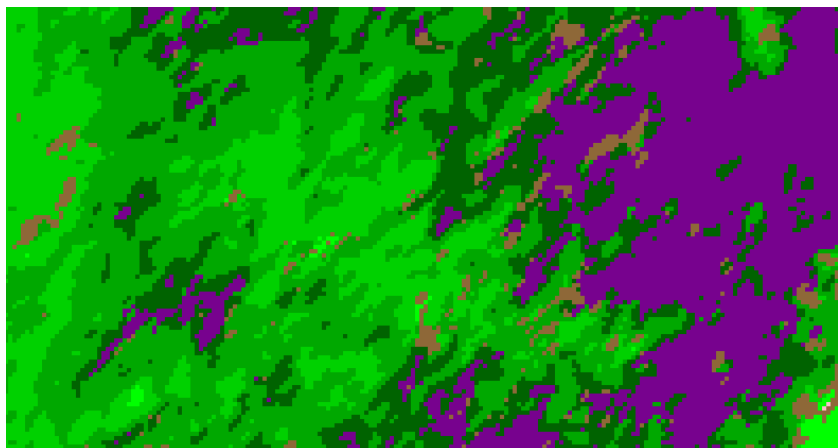


Влияние рельефа местности на результаты картографирования

Зимние композитные изображения (R:G:B – RED:NIR:RED)
Terra-MODIS (230м) Proba-V (115м)



Результаты картографирования



Леса:



темнохвойные



смешанные

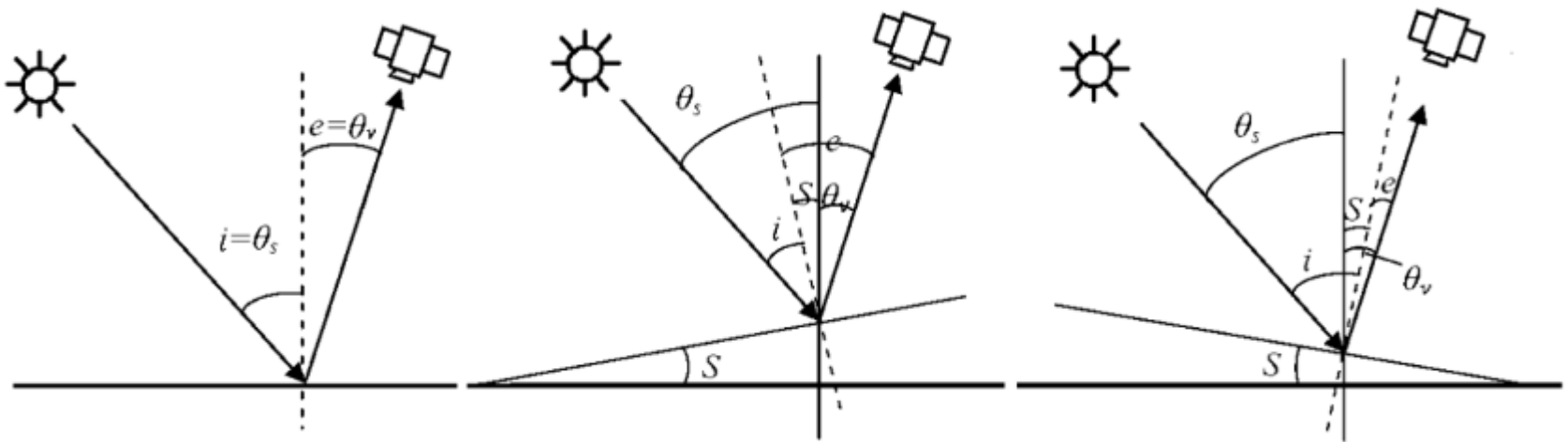


лиственница

Модели топографической нормализации данных ДЗЗ

	Название модели	Модель	Автор
1	Cosine	$R_n = R \cdot (\cos(\theta_s) / \cos(i))$	Teillet
2	C-HuangWei	$R_n = (R - R_{\min}) \cdot \left(\frac{\cos(\theta_s) - \cos(i)_{\min}}{\cos(i) - \cos(i)_{\min}} \right) + R_{\min}$	HuangWei
3	SCS+C	$R_n = R \cdot \left(\frac{\cos(\theta_s) \cdot \cos(S) + C}{\cos(i) + C} \right)$	Soenen
4	Minnaert	$R_n = R \cdot \left(\frac{\cos(e)}{\cos^K(i) \cdot \cos^K(e)} \right)$	Smith
5	Minnaert+ SCS	$R_n = R \cdot \left(\frac{\cos^K(\theta_s) \cdot \cos(S)}{\cos^K(i)} \right)$	Reeder

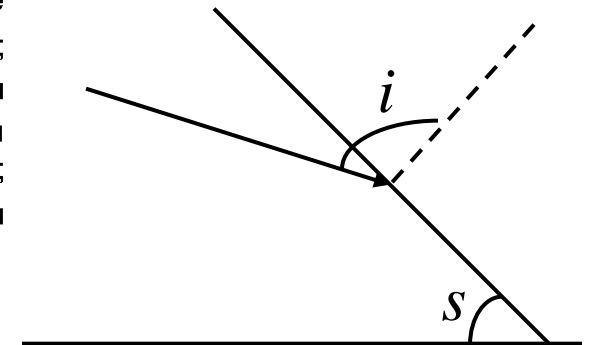
Модели топографической нормализации данных ДЗЗ



$$\cos(i) = \cos(\theta_s) \cdot \cos(S) + \sin(\theta_s) \cdot \sin(S) \cdot \cos(\varphi_s - A)$$

R_n - приведенное к горизонтальной поверхности значение КСЯ; R - измеренное значение КСЯ; R_{\min} - минимальное значение КСЯ на рассматриваемой территории; θ_s - зенитный угол Солнца; S - угол наклона (крутизна) склона; i - угол падения солнечного излучения; e - угол между направлением на сенсор и нормалью к земной поверхности в наблюдаемой точке; θ_v - зенитный угол наблюдения ($e = S$ при $\theta_v = 0$); C - эмпирическая константа; K - коэффициент Миннаерта; φ_s - азимутальный угол Солнца, A - ориентация склона

Ограничения модели



Модель Миннаерта и её ограничения

$$R \cdot \cos(e) = R_n \cdot \cos^K(i) \cdot \cos^K(e)$$

$$\ln(R \cdot \cos(e)) = \ln(R_n) + K \cdot \ln(\cos(i) \cdot \cos(e))$$

$$X = \ln(\cos(i) \cdot \cos(e))$$

$$Y = \ln(R \cdot \cos(e))$$

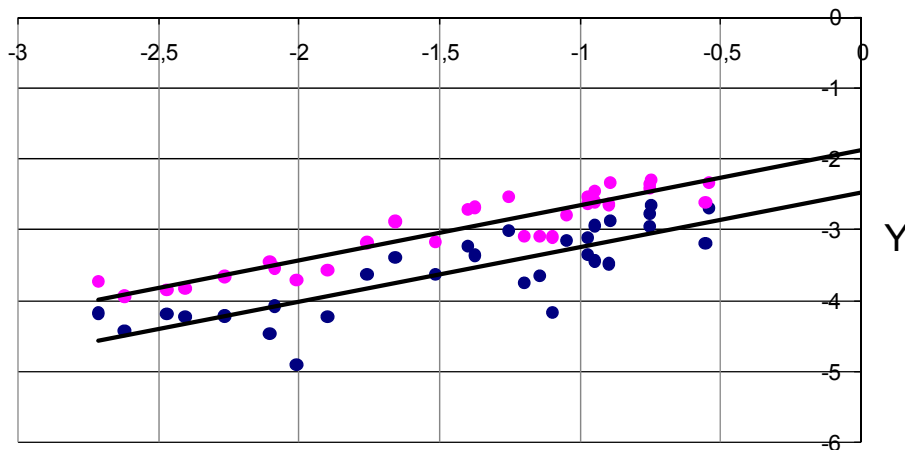
$$B = \ln(R_n)$$

$$Y = K \cdot X + B$$

Landsat-8 (Приморский край, зима)



X



распределение значений $\cos(i)$

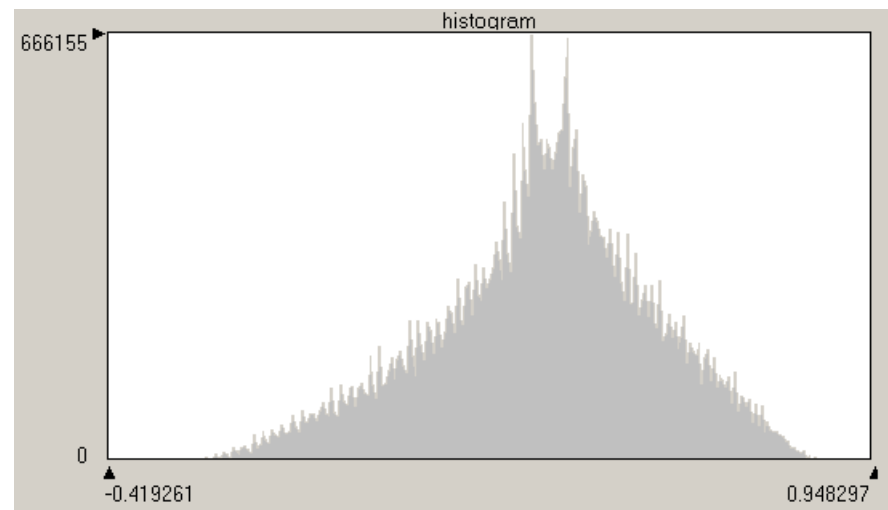
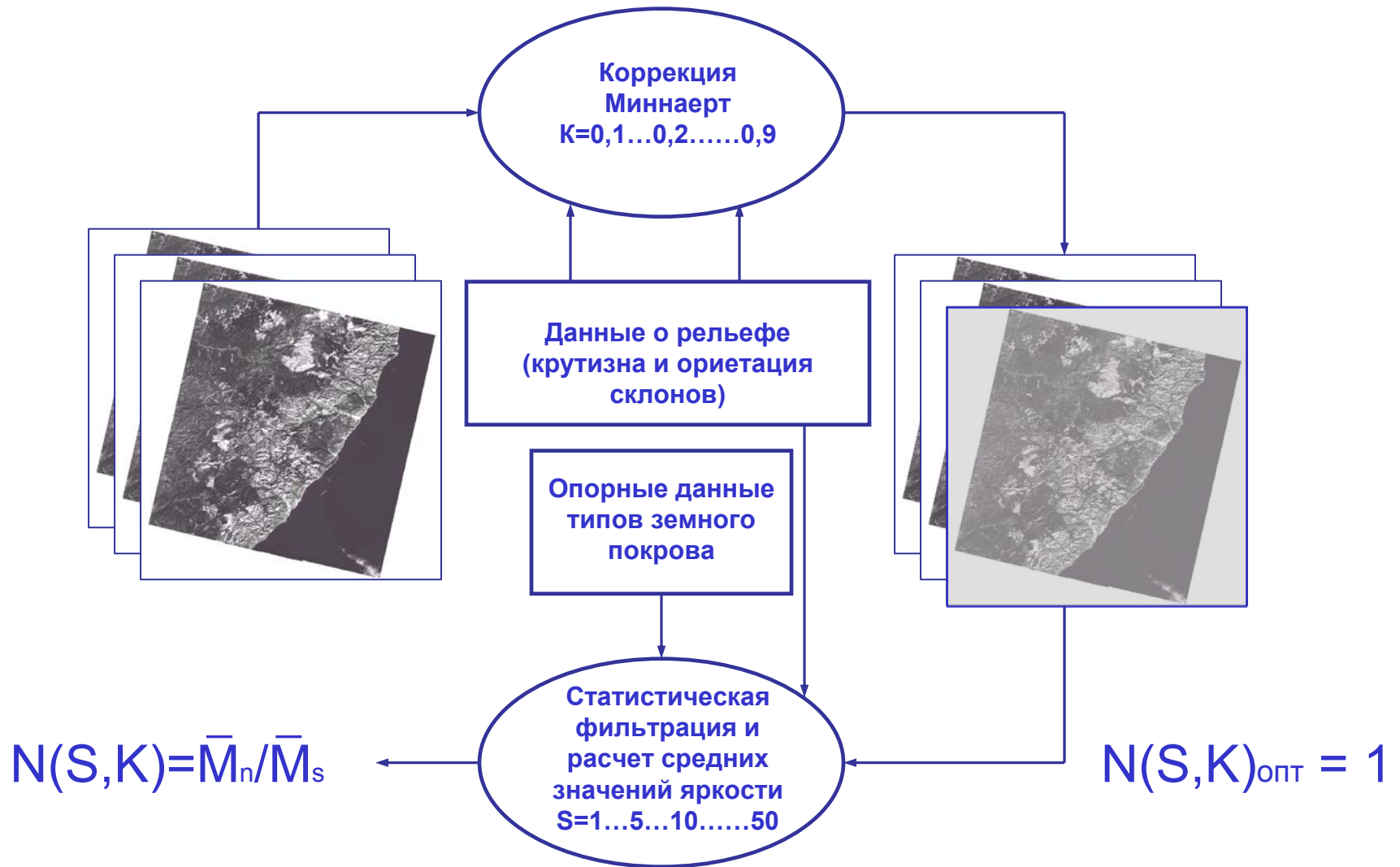
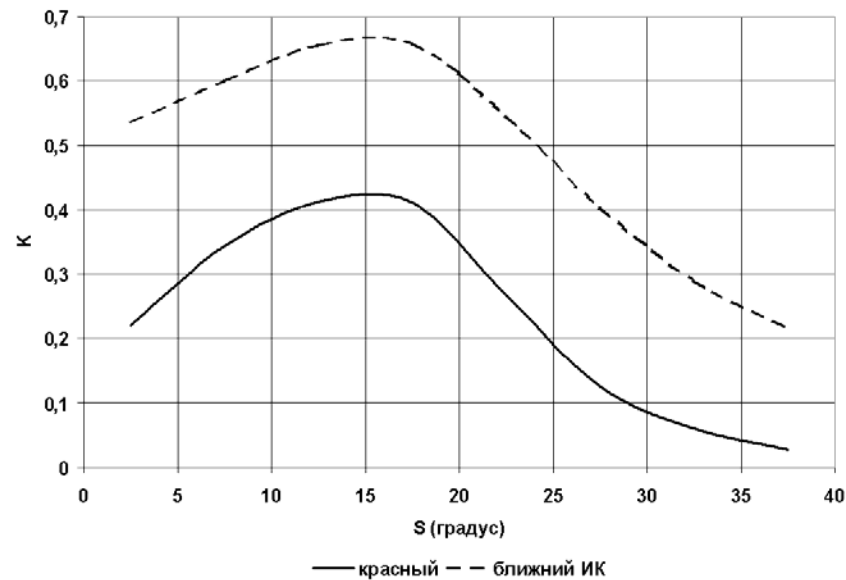
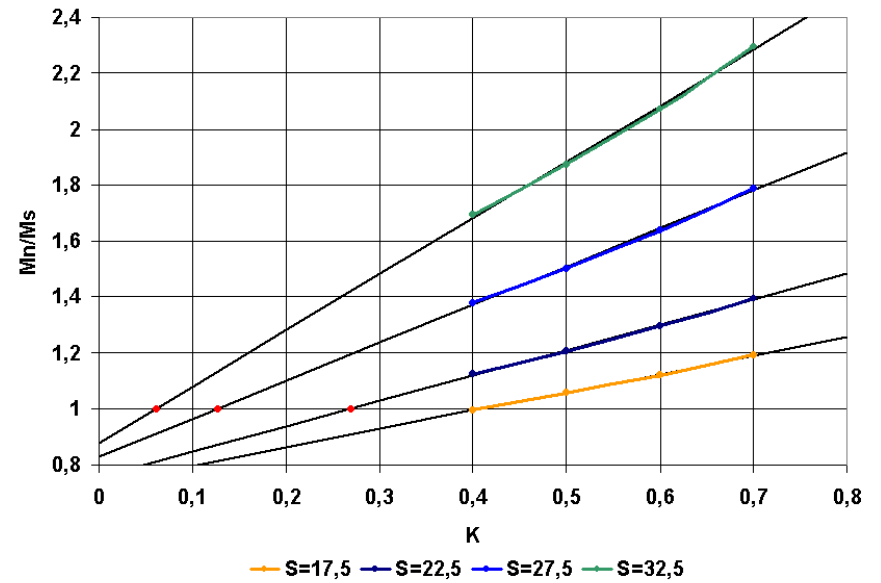
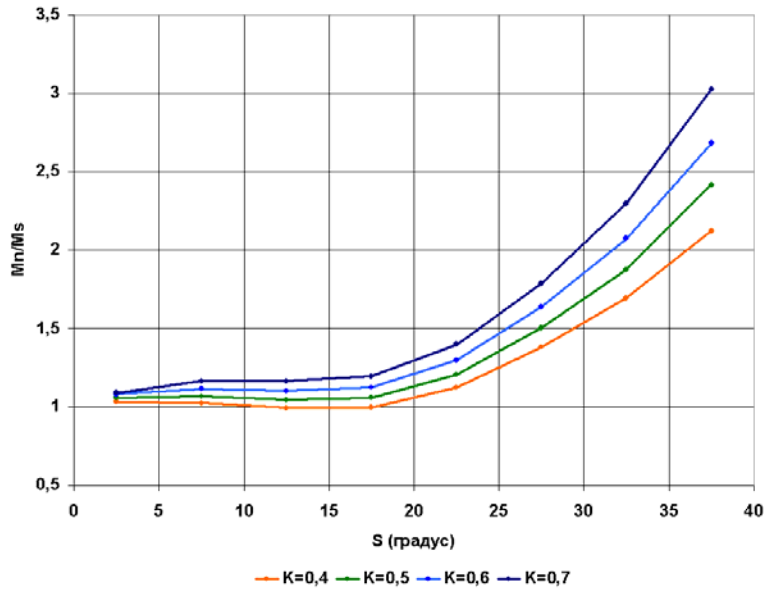


Схема метода



Подбор величины К

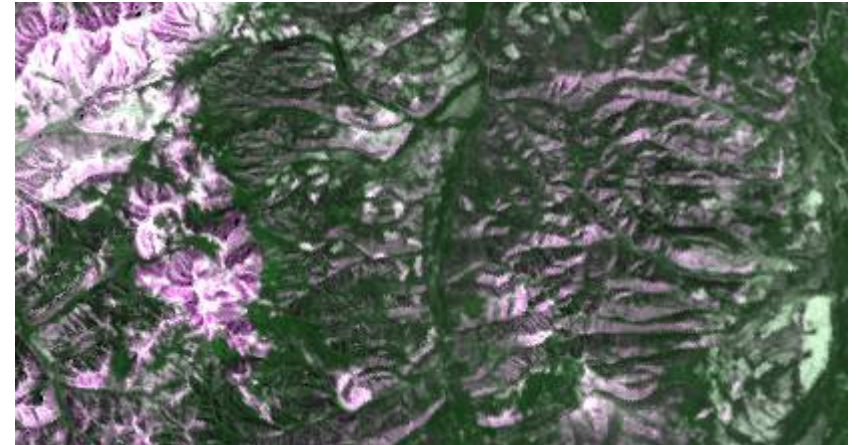
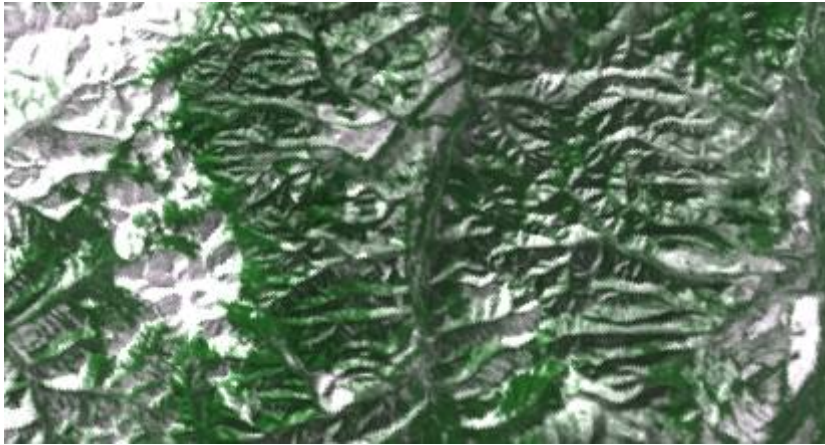


Результаты топографической коррекции влияния рельефа

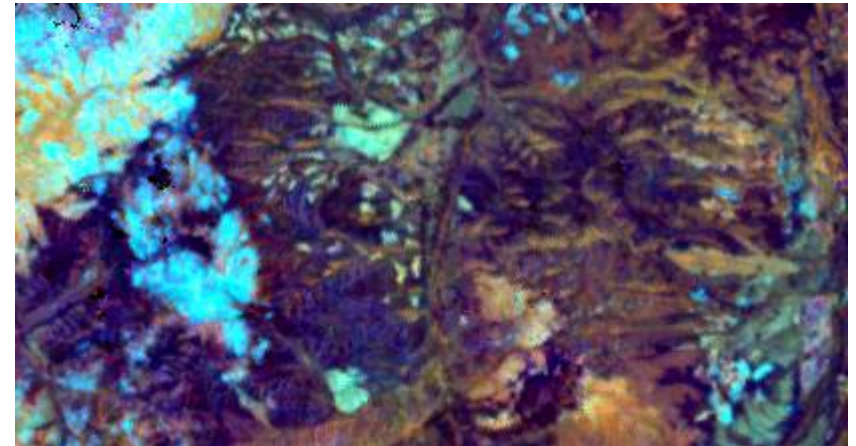
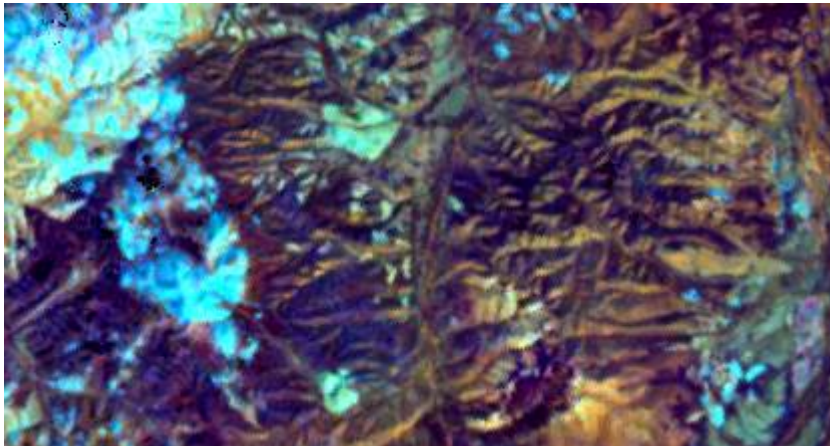
Исходные изображения

Топографическая коррекция

Зимние композитные изображения Proba-V (R:G:B – RED:NIR:RED)



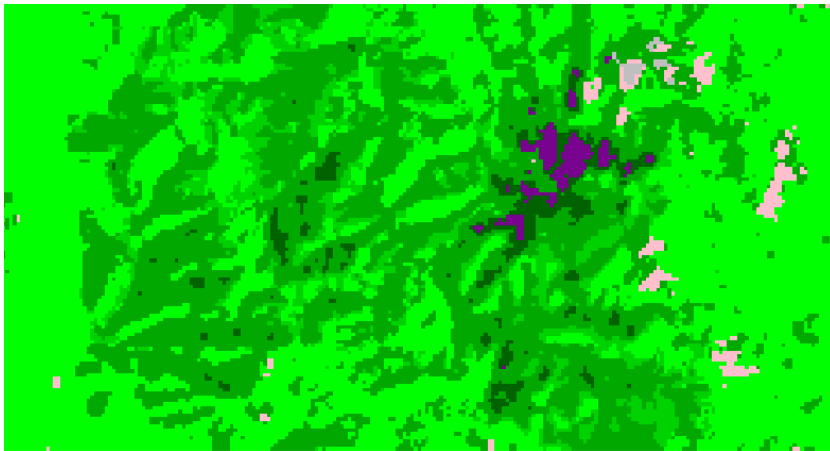
Летние композитные изображения Proba-V (R:G:B – NIR:SWIR:RED)



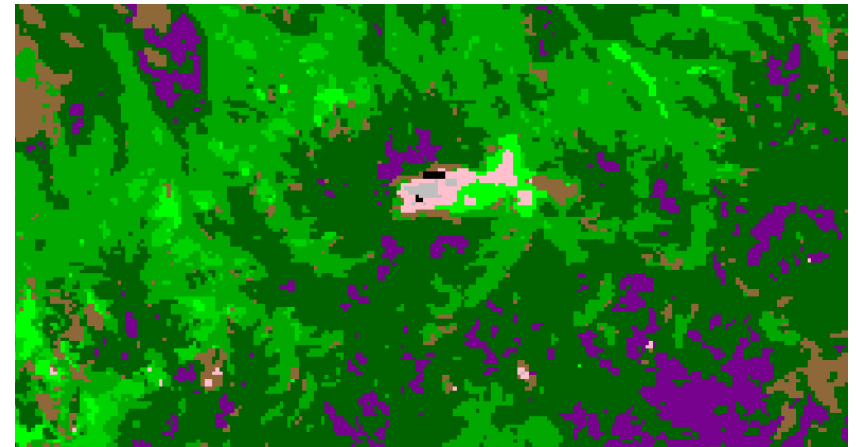
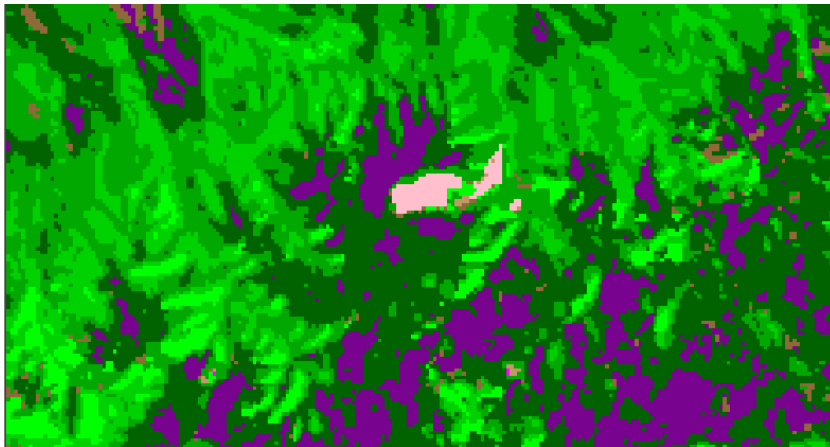
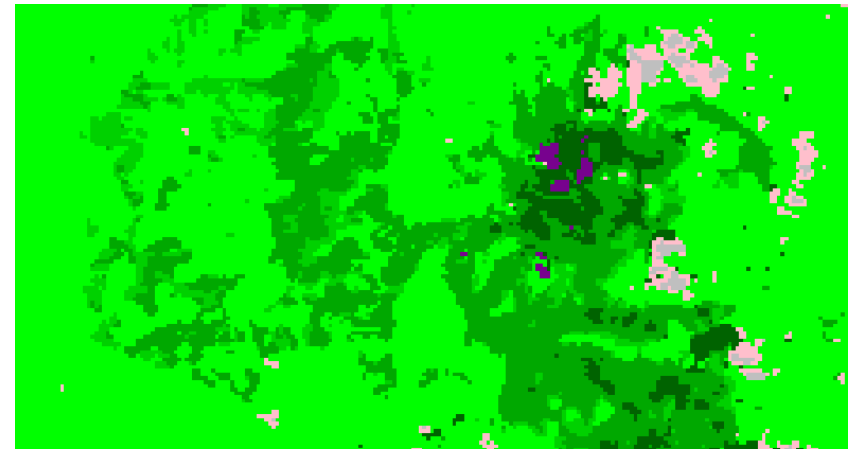
Результаты картографирования

Proba-V (115м)

Использованы признаки без коррекции



Топографическая коррекция признаков



Леса:



темнохвойные



смешанные



лиственница