Ứng dụng mô hình vật lý trong nghiên cứu tính ổn định sườn Trường hợp nghiên cứu Huyện A Lưới, Thừa Thiên Huế

Trình bày. Tiến sỹ Nguyễn Thanh Long

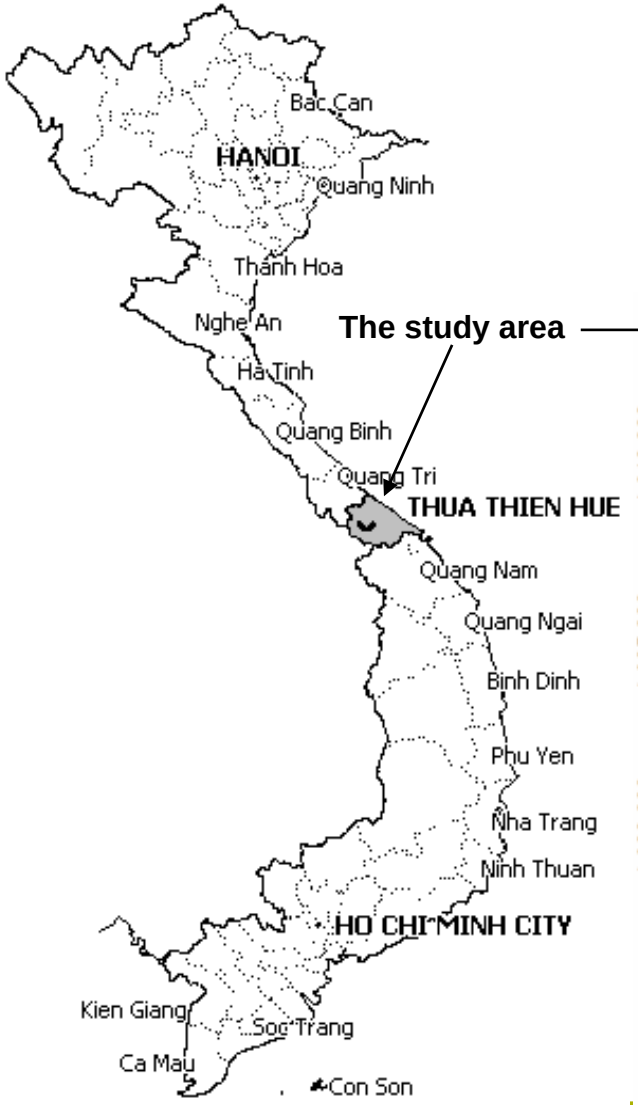
Mục tiêu nghiên cứu

- Đánh giá phân bố không gian khả năng sạt lở đất Huyện A Lưới, Thừa Thiên Huế

- Thành lập bản đồ nguy cơ sạt lở đất phục vụ di dân và cảnh báo chính quyền địa phương khi thiên tai diễn ra và dự báo nguy cơ sạt lở đất và thiệt hại trong tương lai.

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Khu vực nghiên cứu



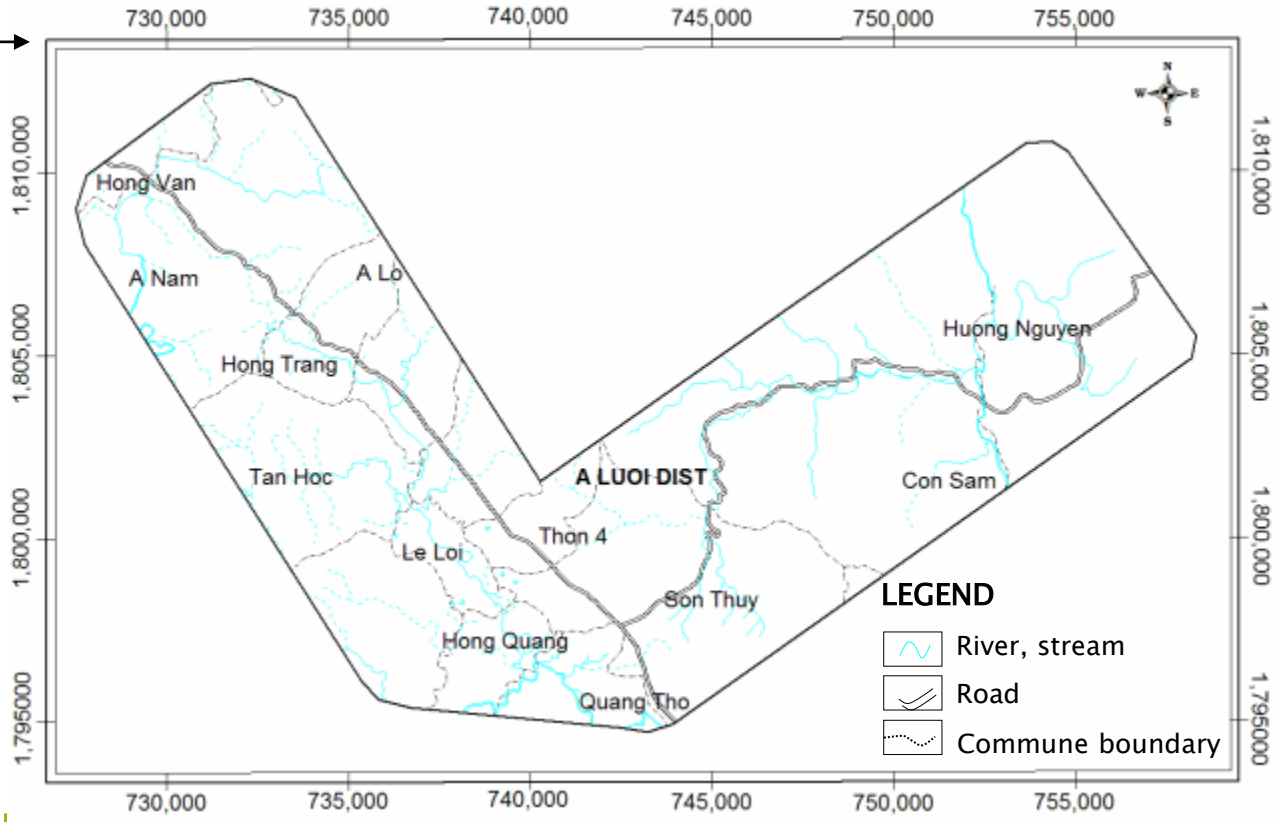
Diện tích: 262.7 km^2

Nhiệt độ trung bình: 25^0C

Độ cao: 80-1676 m

Mưa: > 3000 mm/y

Sử dụng đất: Rừng trồng (27.2%), đất trống cỏ cây bụi (67.1%), đất nông nghiệp (4.2%), dân cư và hạ tầng (1.5%)



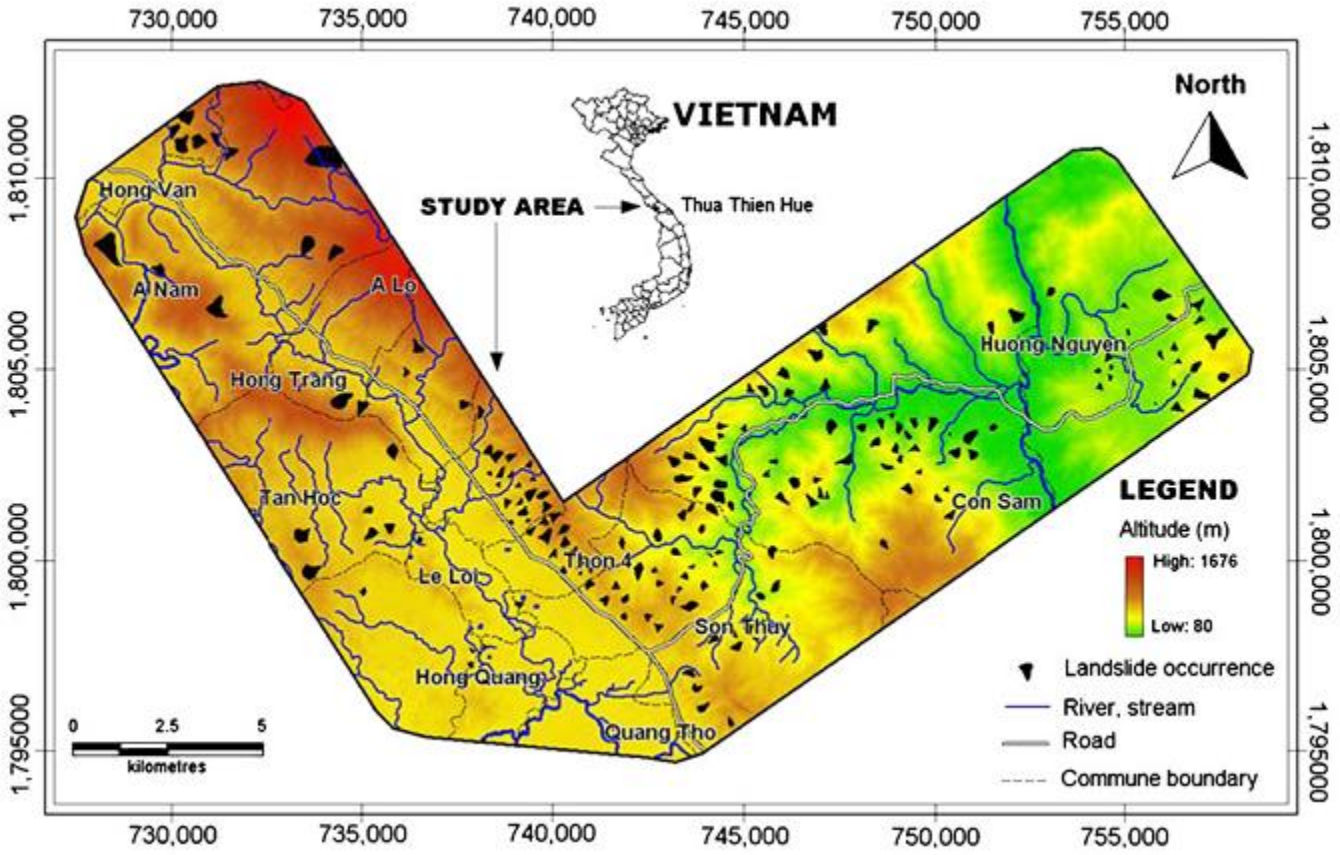
Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Theo dõi sạt lở đất tại khu vực nghiên cứu

3 phương pháp chính trong thành lập bản đồ sạt lở đất :

(1) Thực địa đánh giá sạt lở đất
(2) Thu thập thông tin sạt lở đất lịch sử
(3) Dự báo khả năng sạt lở đất từ ảnh ảnh hàng không và thực địa kiểm chứng

181 sạt lở đất được xác định trong khu vực nghiên cứu



Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x









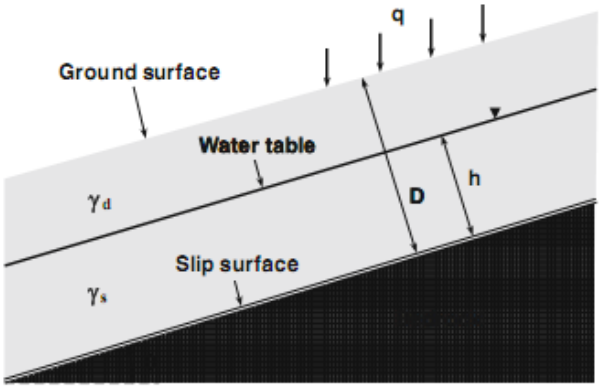


Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Mô hình vật lý trong thành lập bản đồ khả năng sạt lở đất

$$Fs = \frac{C_s + C_r}{D\gamma_e \sin\theta\cos\theta} + \left[1 - m\frac{\gamma_w}{\gamma_e}\right]\frac{\tan\varphi}{\tan\theta} \quad (1)$$

Where
- **Fs** - Safety factor
- **C_s, C_r** - Soil and root cohesion (kNm^{-2})
- **γ_w** - Unit weight of water (10 kNm^{-3}).
- **D** - Thickness of the soil layer (m).
- **φ** - Angle of internal friction (degree).
- **θ** - Slope angle (degree)
- **γ_e** - Effective unit weight (kNm^{-3})
- **m** - The wetness index



Schematic representation of the infinite slope method, depicting relevant parameters and variables

$$\gamma_e = \frac{q\cos\theta}{D} + m\gamma_s + (1-m)\gamma_d \quad (2)$$

Where
- γ_d is the dry unit weight of the soil (kNm^{-3})
- γ_s is the saturated unit weight of the soil (kNm^{-3})
- q - any surcharge of the soil surface (kNm^{-2})

$$m = \frac{h}{D} = \frac{(1-C)PA_b}{KD\sin\theta} \quad (3)$$

Where
- h - the thickness (m) of the saturated part of the soil above the bedrock
- C - runoff coefficient depending on land use, vegetation, soil texture, and slope angle (The spatial variation of the runoff coefficient is determined with the WetSpa hydrological model (Liu and De Smedt, 2004)
- P - the precipitation rate (m/s)
- K - the hydraulic conductivity (m/s)
- A_b = A/b is the specific catchment area per width (m).

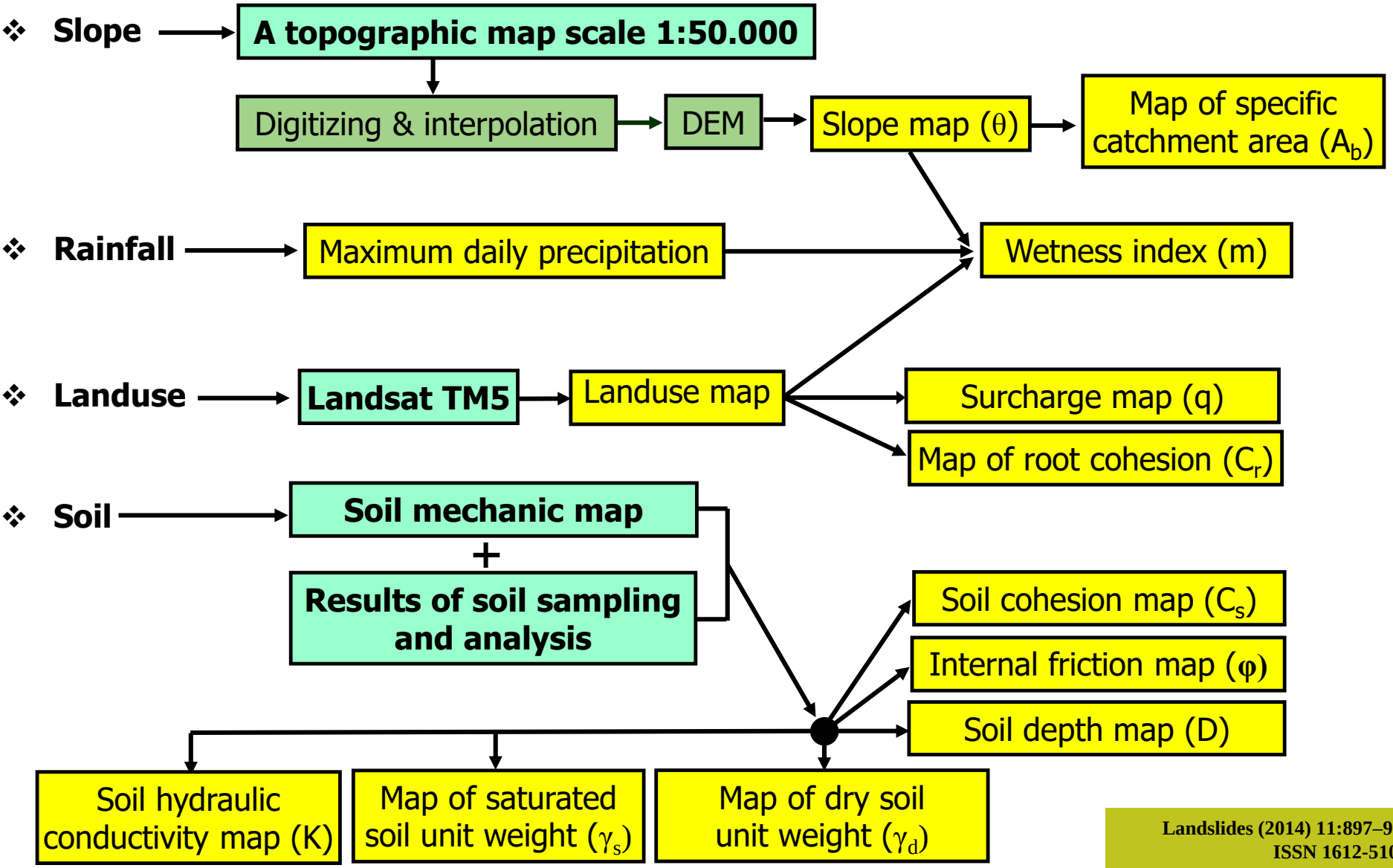
Table 1. Landslide susceptibility classification based on the factor of safety (modified from Pack et al. 1998)

Safety factor	Slope stability classes
Fs > 1.5	Stable slope
1.5 > Fs > 1.25	Moderate stable slope
1.25 > Fs > 1	Quasi-stable slope
0.5<Fs < 1	Unstable slope
0<Fs < 0.5	Very unstable slope

Fs ➡ C_s; C_r ; γ_w ; D; φ ; θ ;
γ_e (γ_d , γ_s , q, D, m, θ);
m (C, P, K, D, θ, A_b).

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

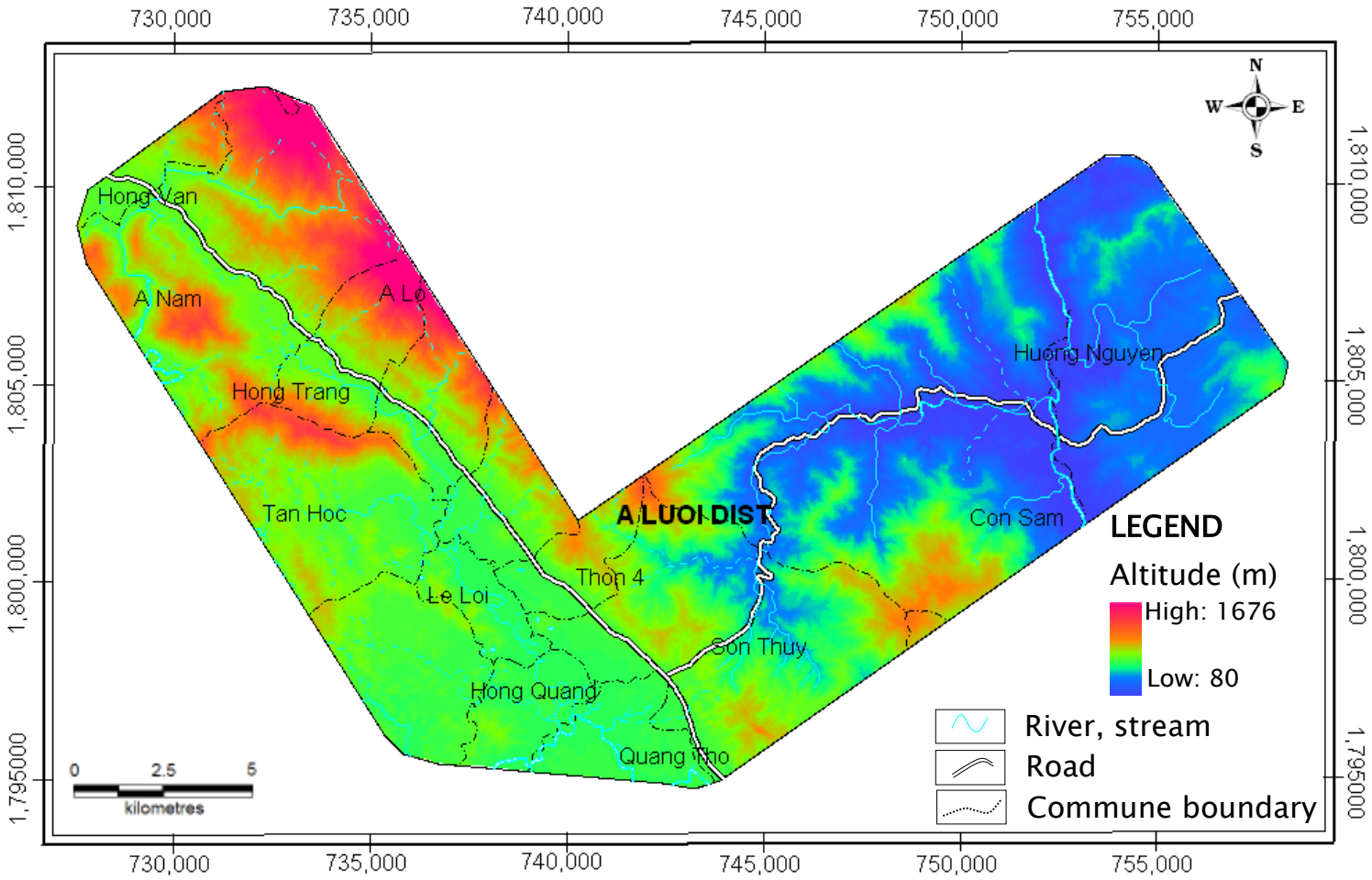
Bản đồ thành phần phục vụ đánh giá



Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Xử lý số liệu

Địa hình khu vực nghiên cứu



Mô hình số độ cao

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Bản đồ độ dốc

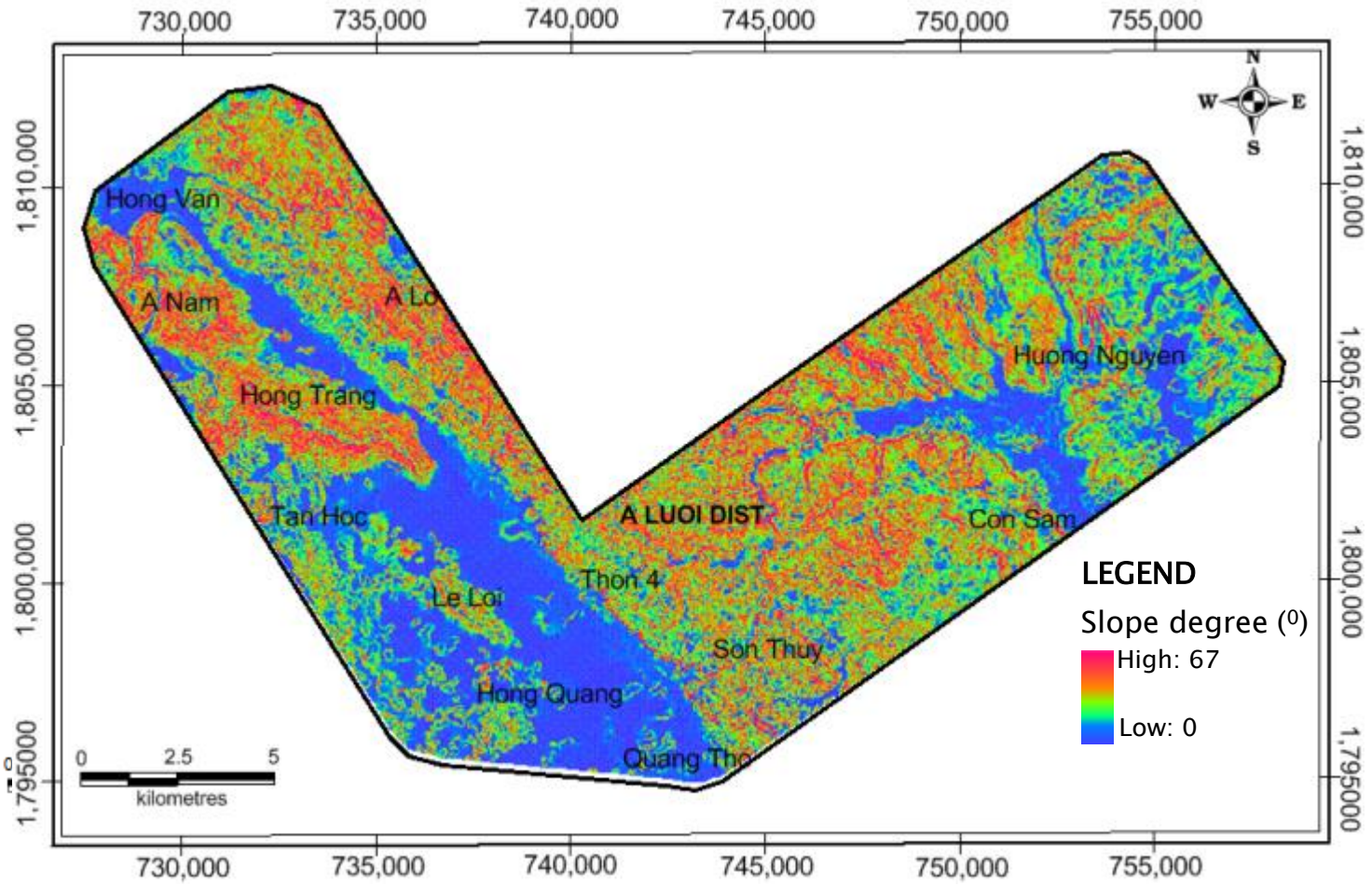


Figure 2. Slope map of the study area.

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

MAP OF LOGARITHMIC SPECIFIC CATCHMENT AREA log(a)
Bản đồ lưu vực và dòng chẩy

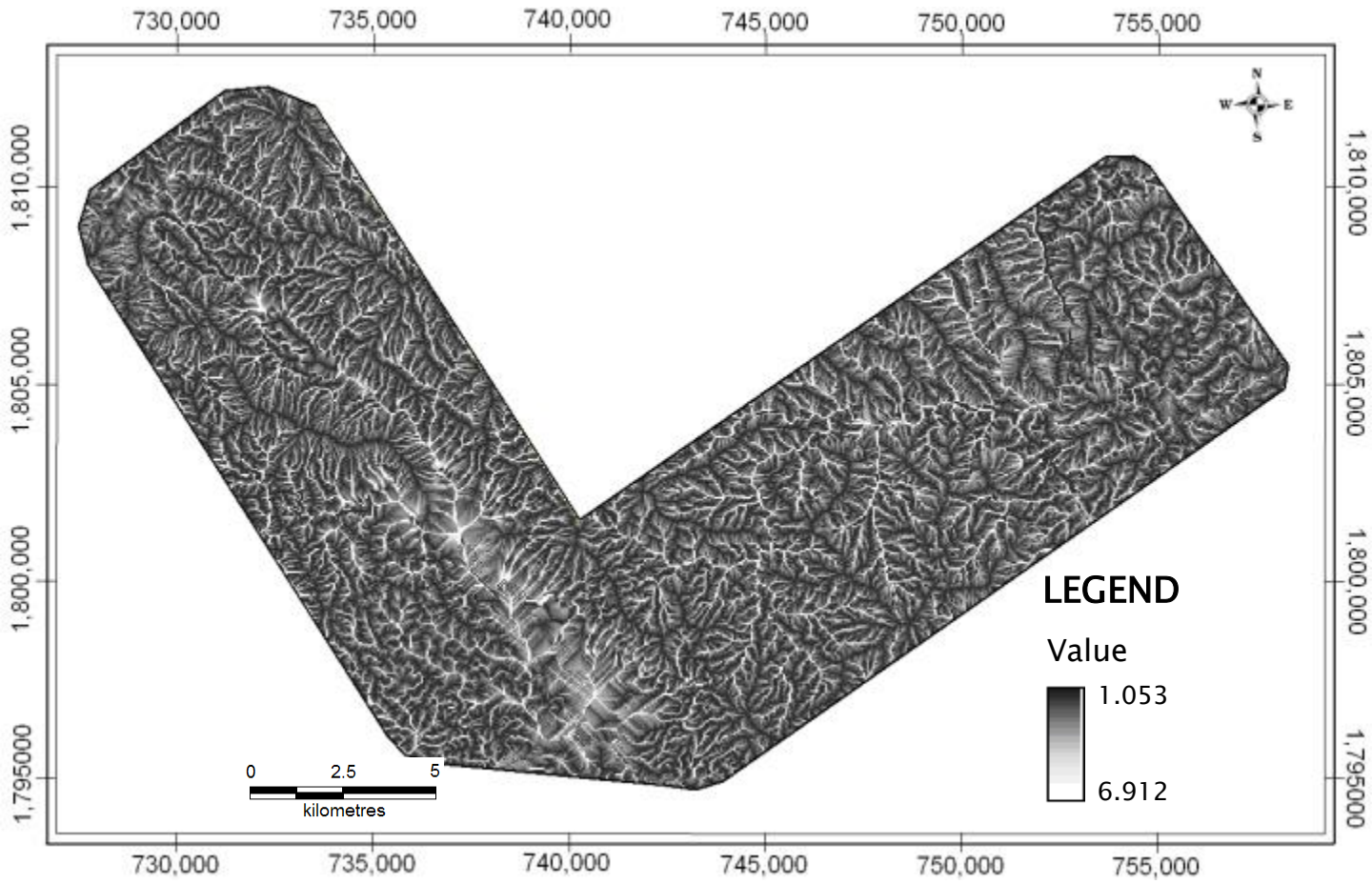
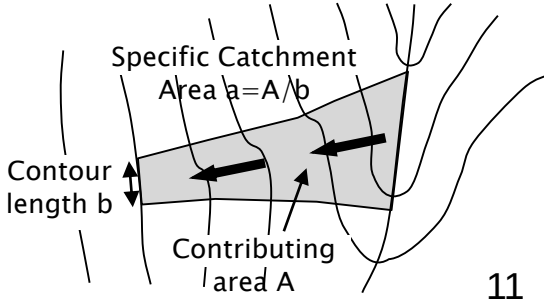


Figure 3. Map of logarithmic specific catchment area log(A_b) in the study area

Definition of specific catchment area



Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Ảnh vệ tinh Landsat 5 TM

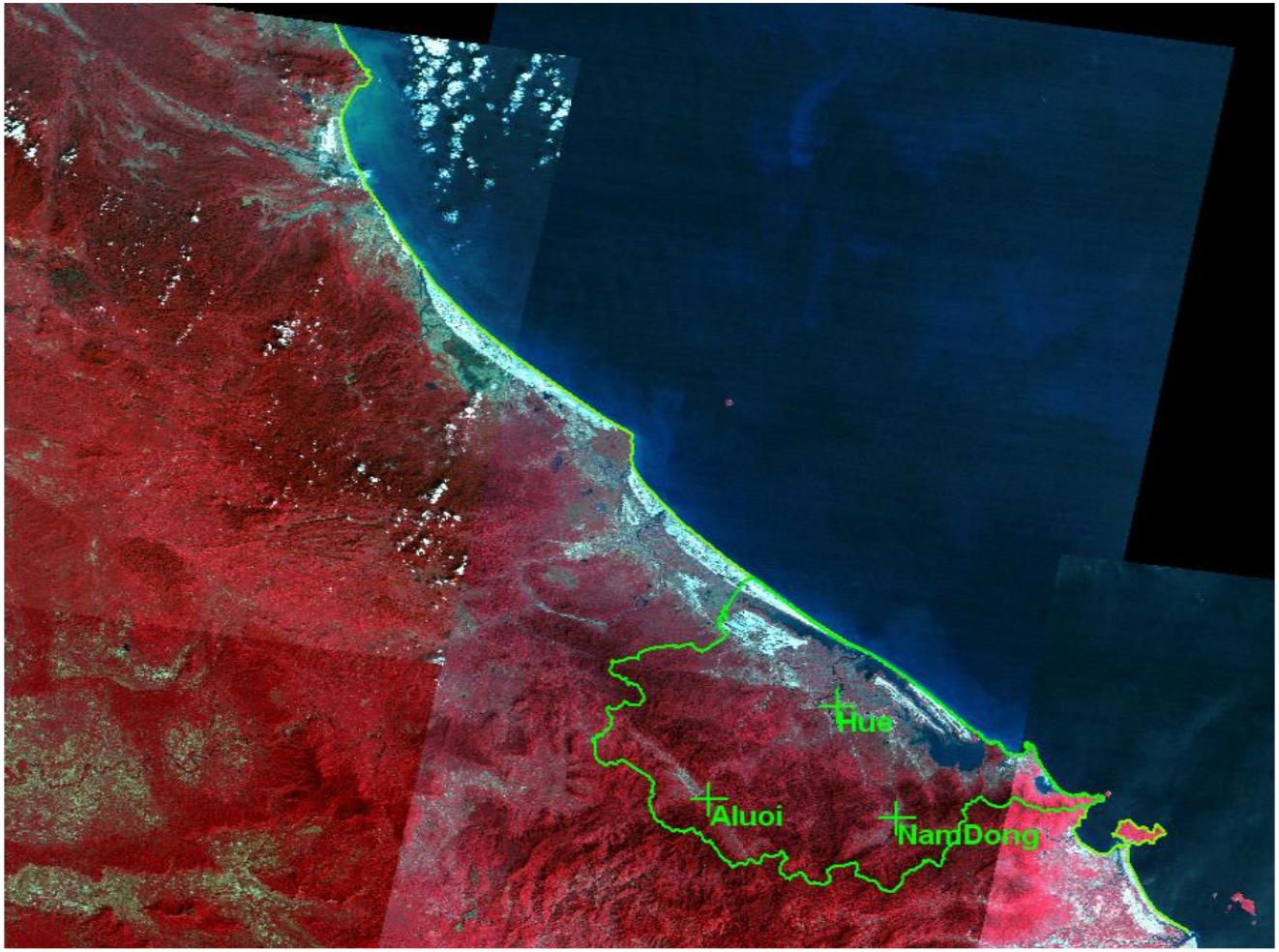
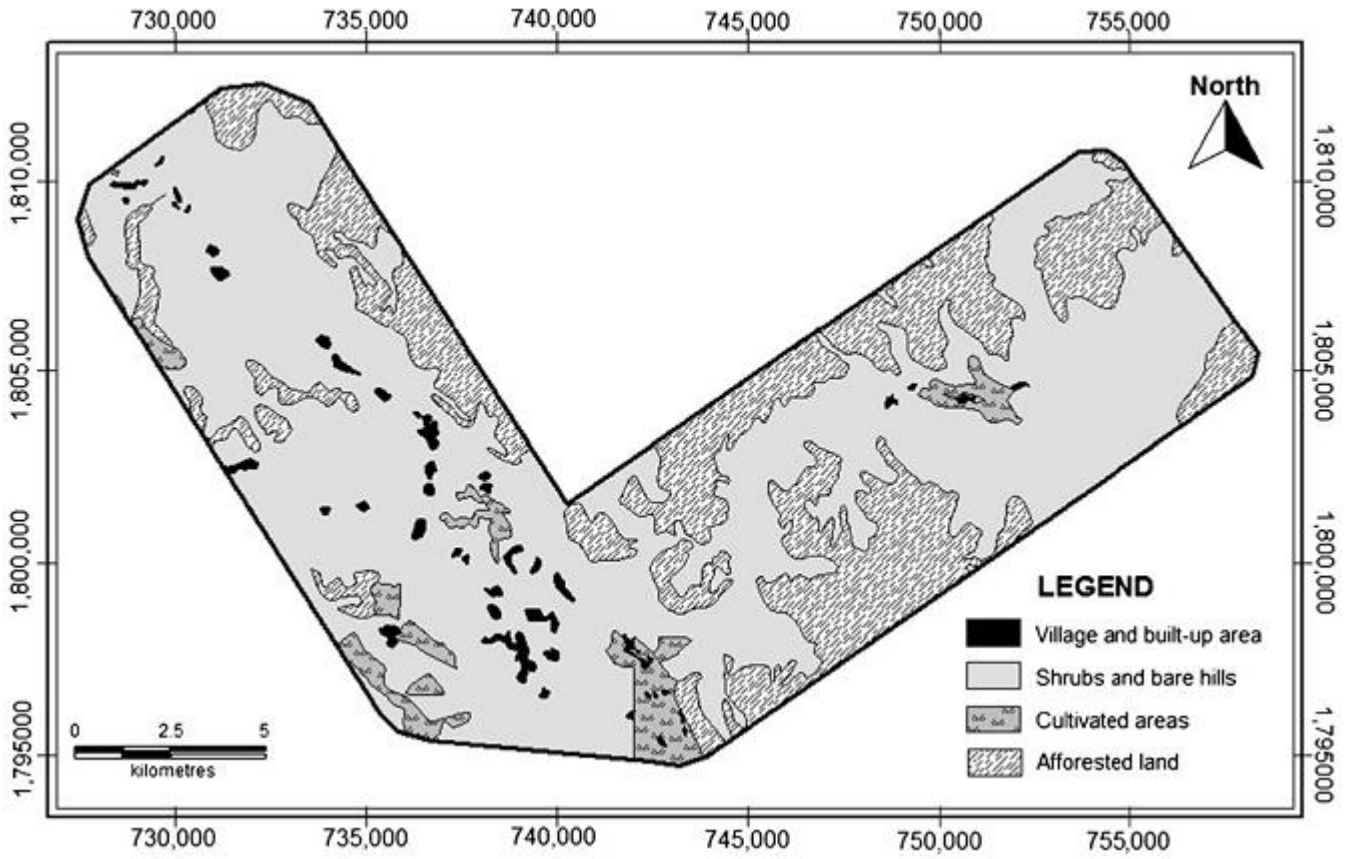


Figure 4. Landsat TM 5 image of February 20, 1999 (path/row: 125/48).

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Bản đồ sử dụng đất



Bản đồ sử dụng đất thành lập từ ảnh vệ tinh Landsat 5;
Lớp phủ thực vật chính là rừng tái sinh (47.6 %) và đất trống cỏ cây bụi (48.7 %)

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Độ liên kết rễ và giá trị và SURCHARGE VALUES của các loại lớp phủ thực vật

- Rừng tái sinh, rừng trồng gồm các loại cây họ keo (Acacia mangium or Acacia eucoliformic), được trồng từ 1982. Chu kỳ khai thác từ 8-12 năm; độ cao trung bình 15-18m và độ sâu rễ 1-1,5m.
- Giá trị về độ liên kết rễ các loài cây trong khu vực nghiên cứu chưa đầy đủ, do vậy nghiên cứu sử dụng giá trị tham khảo từ các nghiên cứu tương tự 8 kNm^{-3} (Sidle 1991; Kayastha 2006; Vinh 2007).
- Về các loài cây, độ tuổi và đường kính trung bình, giá trị 0.7 kNm^2 phù hợp với giá trị "surcharge" (Kayastha, 2006; Vinh 2007).

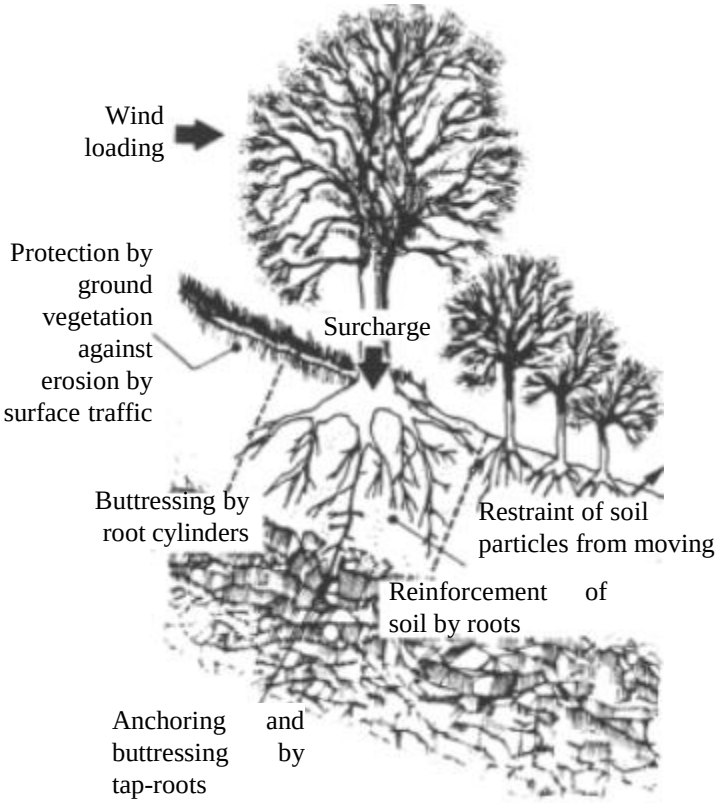


Figure 6. Cơ chế tác động của thực vật tới độ ổn định sườn(Coppin and Richards, 1990)

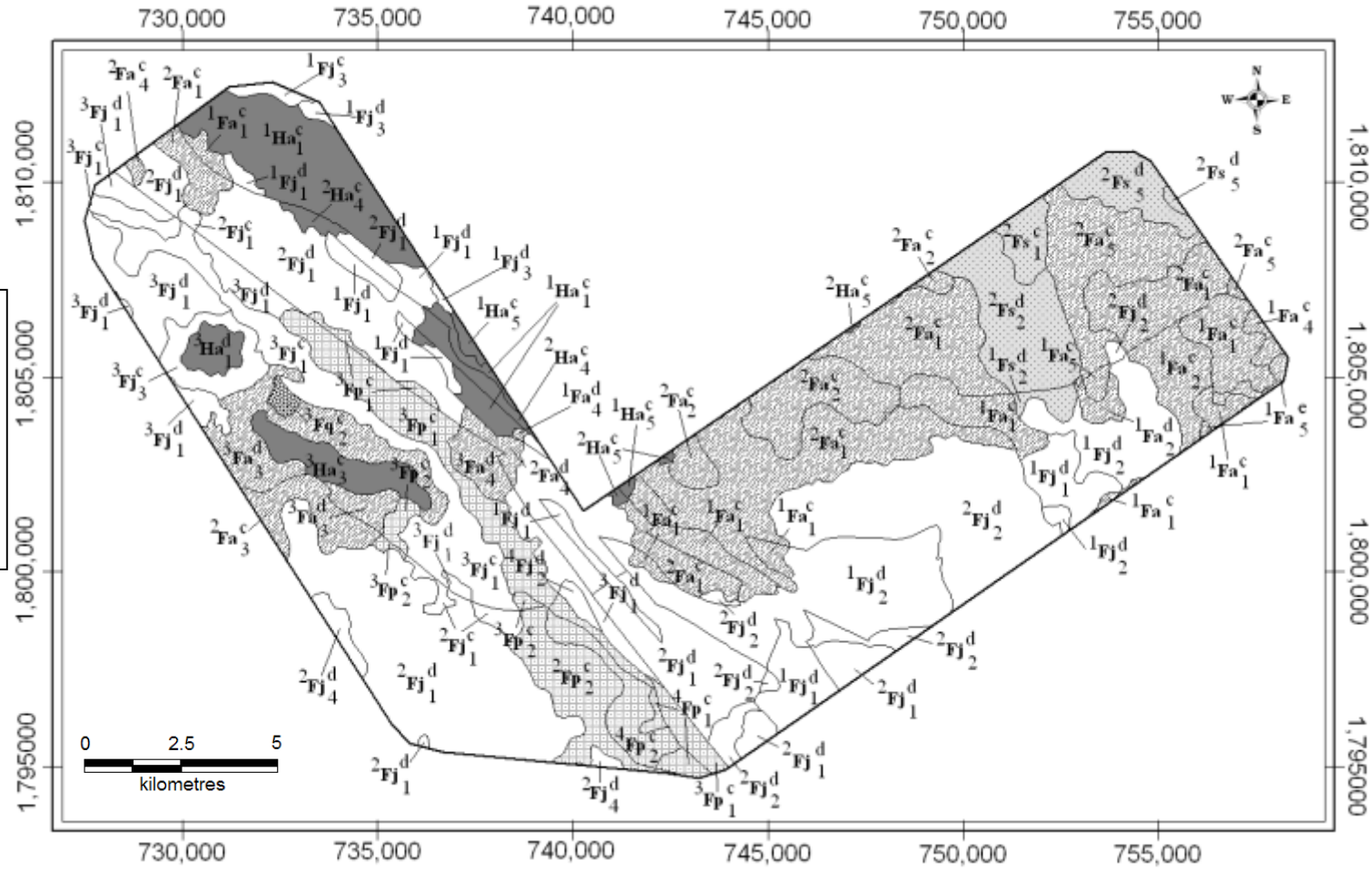
Table 1. Root cohesion and Surcharge of different landuse types in the study area.

Loại hình sử dụng đất	Root cohesion (kN/m^2)	Surcharge (kN/m^2)
Đất nông nghiệp	1	0
Rừng trồng	8	0.7
Dân cư, hạ tầng	0	4.7
Đất trống cỏ cây bụi	1	0

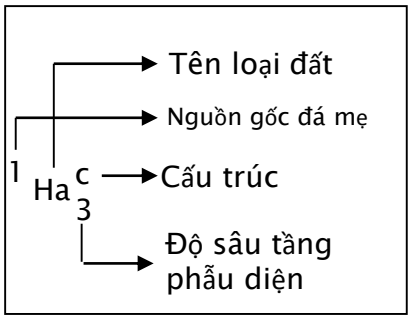
Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Bản đồ thổ nhưỡng khu vực nghiên cứu

Bản đồ thổ nhưỡng



Chú giải



Đá mẹ

1. Intrusive magma
2. Metamorphic rocks
3. Continental sediments
4. Archaic alluvium

Thành phần cơ giới

c. Loam
d. Clay Loam
e. Clay

Độ sâu

1. > 1 m
2. 0.7 – 1 m
3. 0.5 – 0.7 m
4. 0.3 – 0.5 m
5. < 0.3 m

Tên loại đất

Ha	Red humus soil mainly on magma rocks and sometimes on sediments	Fp	Brown yellow soil on continental sediments and ancient alluvium
Fa	Red yellow soils mainly on magma acid and metamorphic rocks	Fq	Light yellow soils mainly on sandstones
Fj	Red yellow soils mainly on metamorphic claystones	Fs	Brown yellow soil mainly on claystones

Thông số đất khu vực nghiên cứu

Table 2. Soil parameters in the study area (Van et al. 2001)

Soil type		γ_d	γ_s	C_s	ϕ	K
Parent material	Texture	(kNm^{-3})	(kNm^{-3})	(kNm^{-2})	(°)	(ms^{-1})
Alluvium	Clay	15.1	18.9	4.2	21	1.9×10^{-7}
	Clay loam	15.8	18.5	3.0	25	6.4×10^{-7}
	Loam	16.9	19.3	1.8	22	1.5×10^{-6}
Intrusive magma	Clay	15.2	18.3	2.3	24	3.0×10^{-6}
	Clay loam	14.2	17.9	2.1	24.5	1.2×10^{-5}
	Loam	18.1	19.1	1.9	30	4.3×10^{-4}
Metamorphic	Clay	13.7	17.9	1.3	24	1.6×10^{-6}
	Clay loam	15.2	18.2	0.9	26	1.9×10^{-5}
	Loam	14.8	15.8	0.9	21	1.3×10^{-4}
Continental sediments	Clay	15.1	18.2	4.4	19	1.2×10^{-6}
	Clay loam	15.5	18.6	2.6	23	3.1×10^{-6}
	Loam	15.0	19.3	0.9	21	1.3×10^{-4}
	Clay	15.1	18.9	4.2	21	1.9×10^{-7}

γ_d dry unit weight, γ_s saturated unit weight, C_s soil cohesion, ϕ angle of internal friction, K hydraulic conductivity

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Bản đồ độ sâu tầng đất mặt

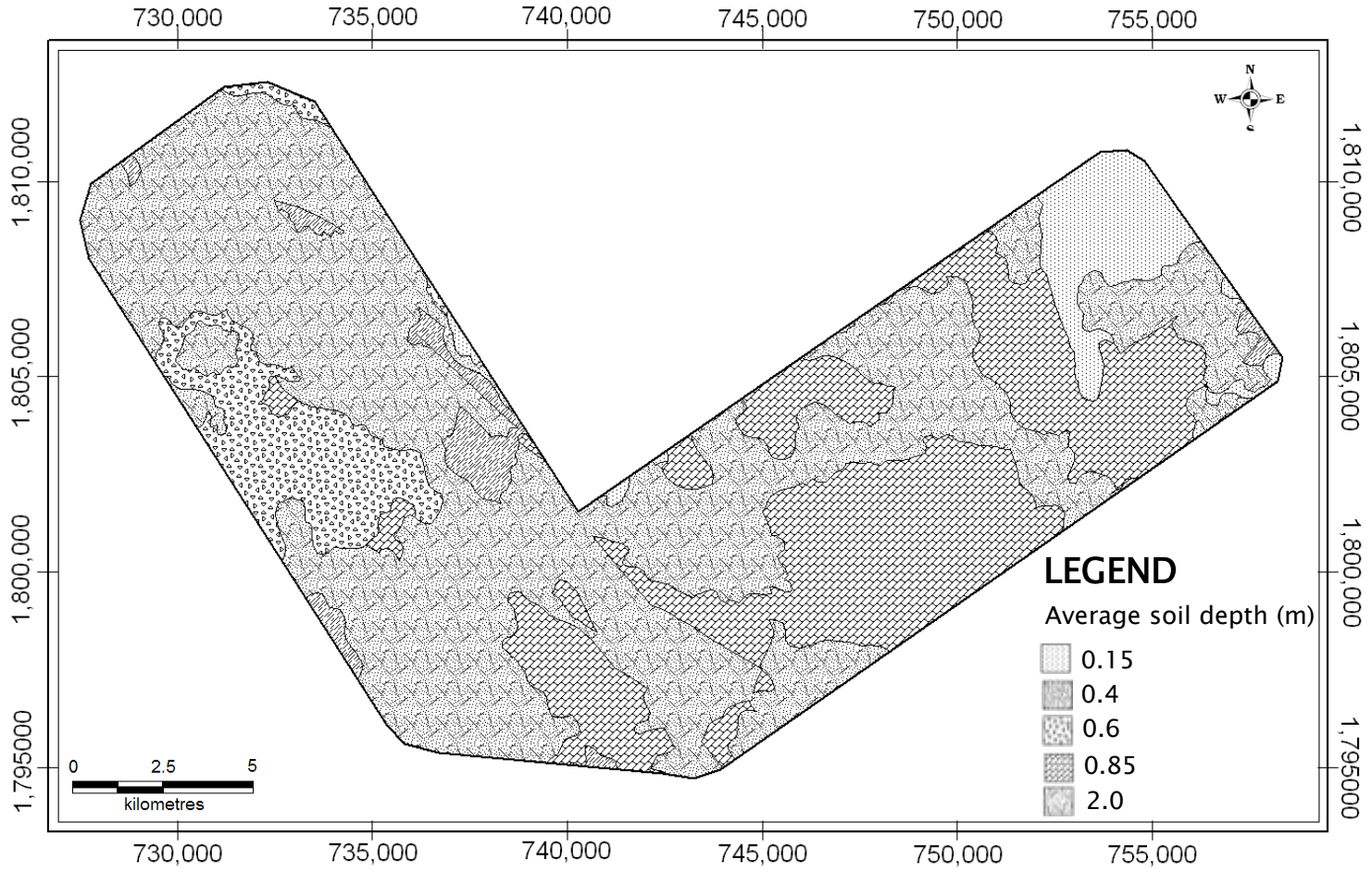


Figure 8. Soil depth map of the study area.

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Bản đồ độ bão hòa đơn vị đất
MAP OF SATURATED SOIL UNIT WEIGHT

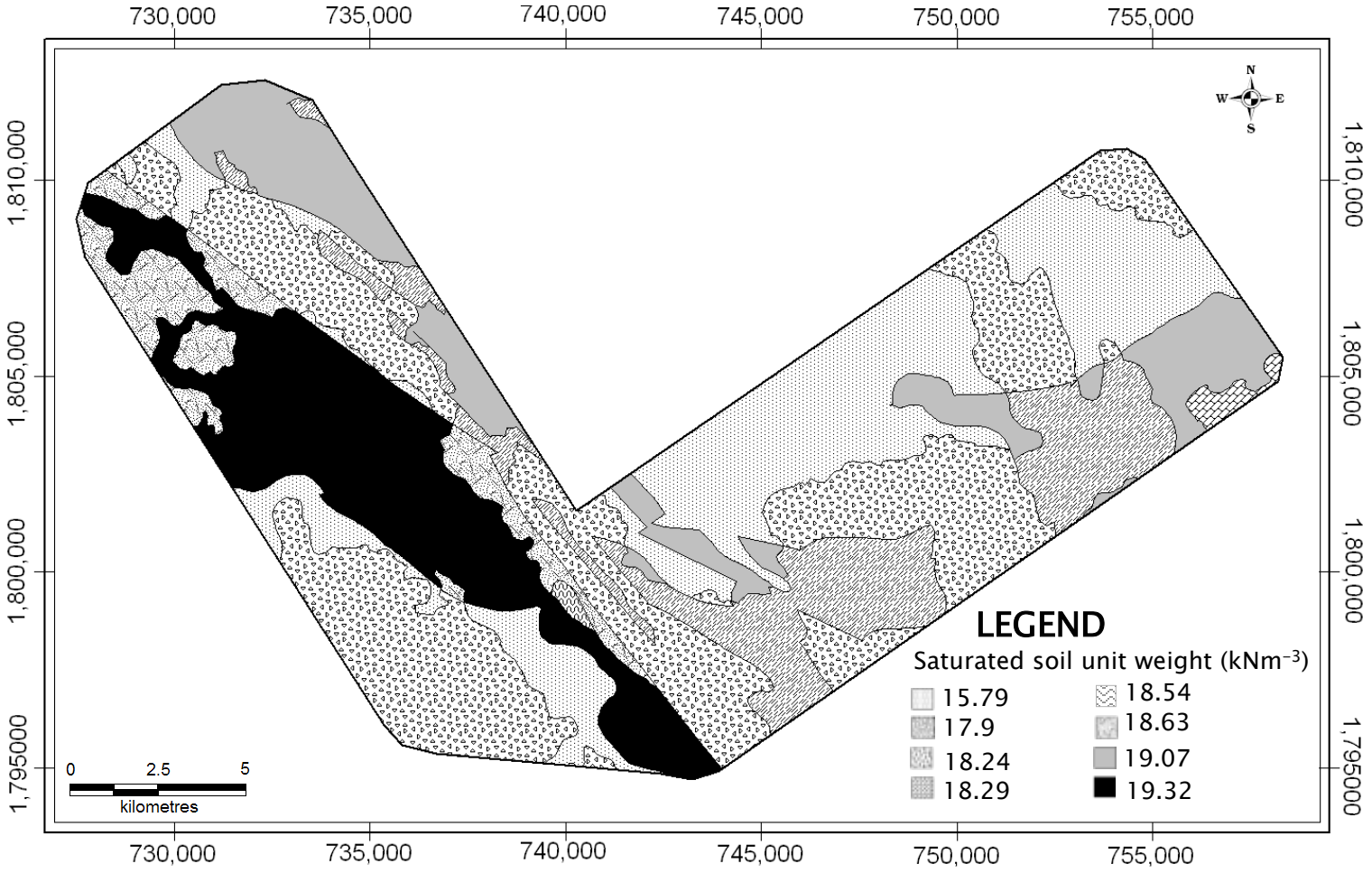


Figure 9. Map of saturated soil unit weight in the study area.

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Bản đồ chỉ số khô của đất
MAP OF DRY SOIL UNIT WEIGHT IN THE STUDY AREA

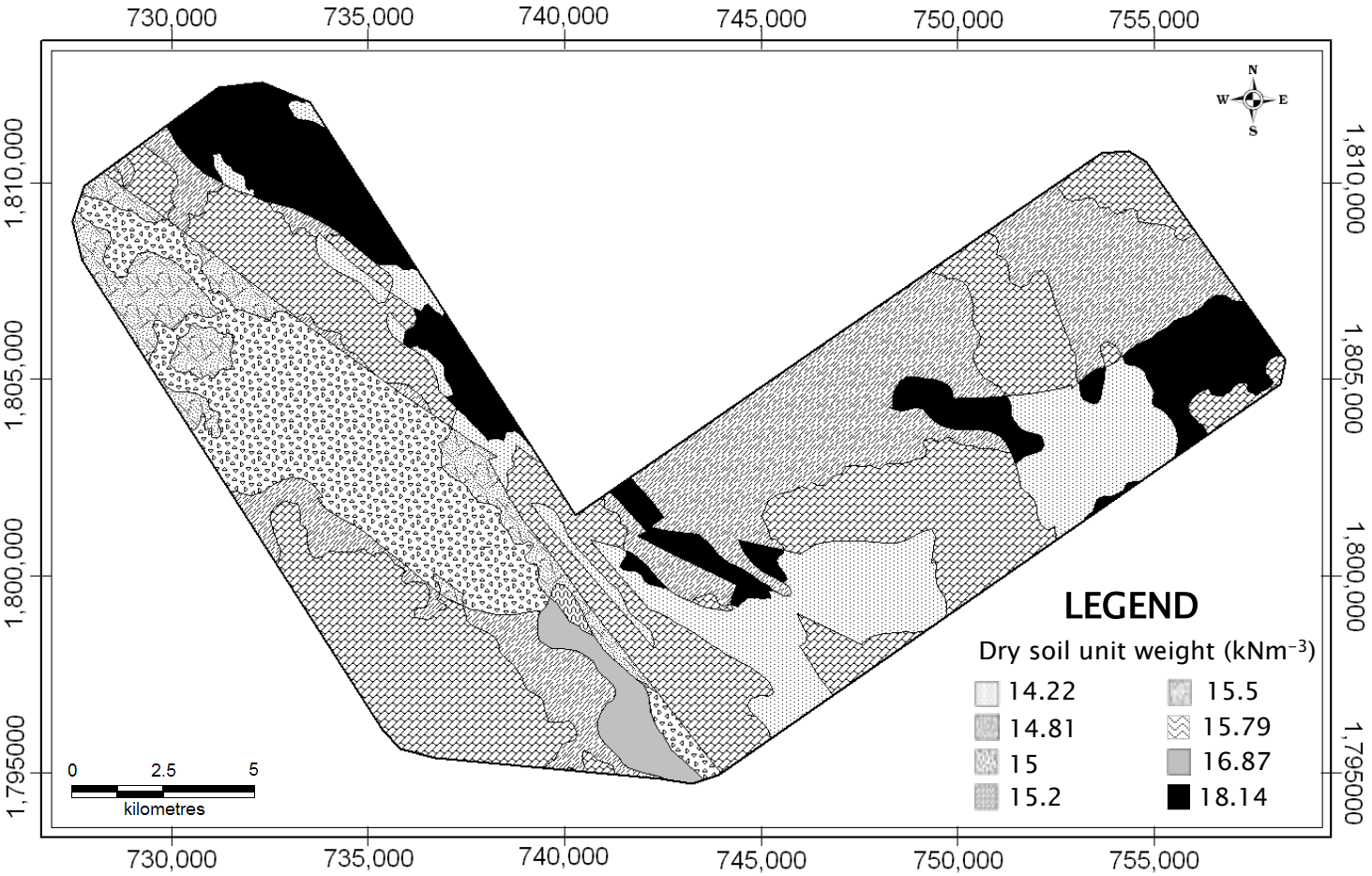


Figure 10. Map of dry soil unit weight in the study area.

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Hướng dịch chuyển ma sát trong
ANGLE OF INTERNAL FRICTION MAP OF THE SOILS

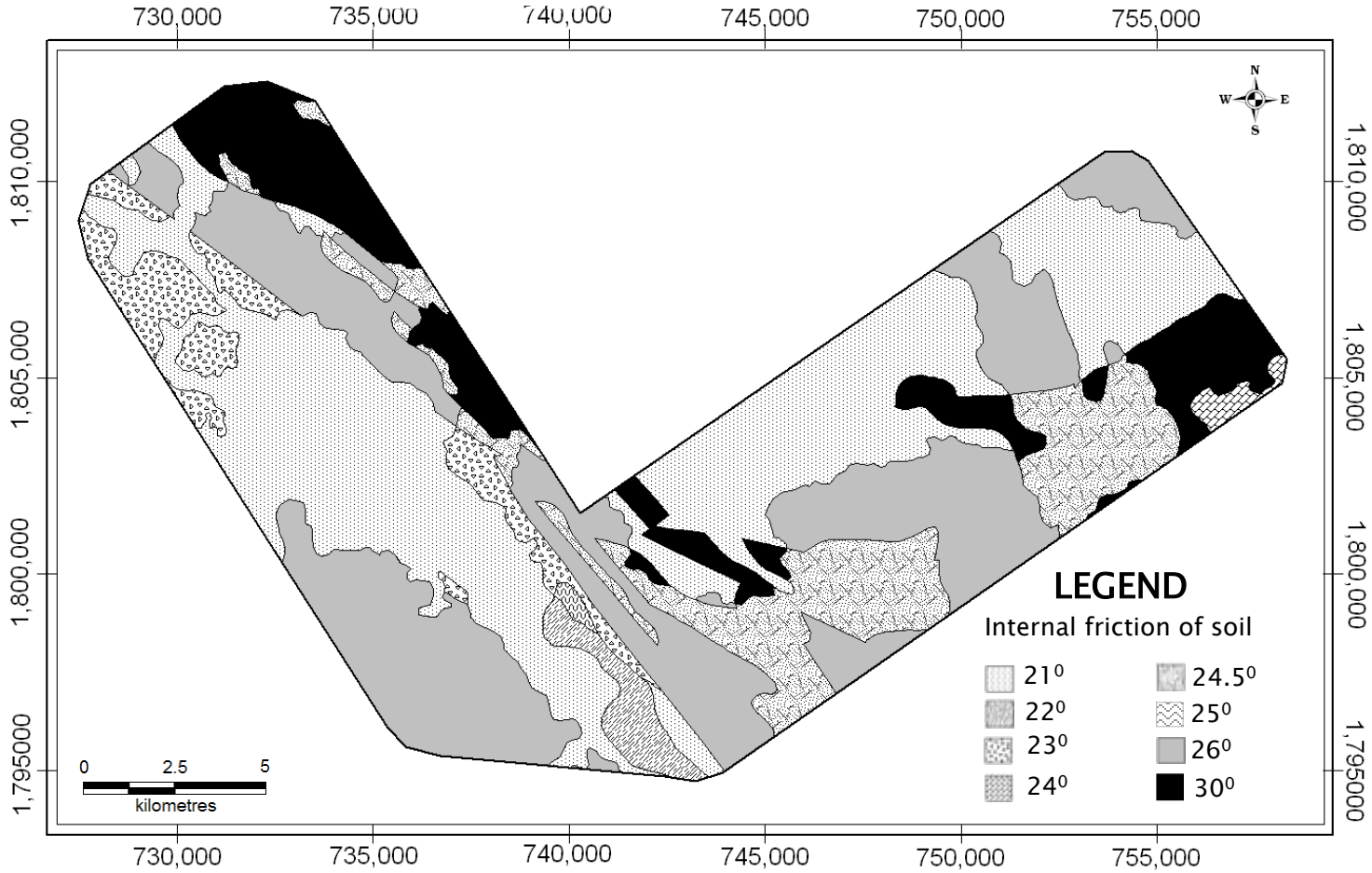


Figure 11. Map of internal friction of soil in the study area.

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Bản đồ độ liên kết của đất
SOIL COHESION MAP OF THE STUDY AREA

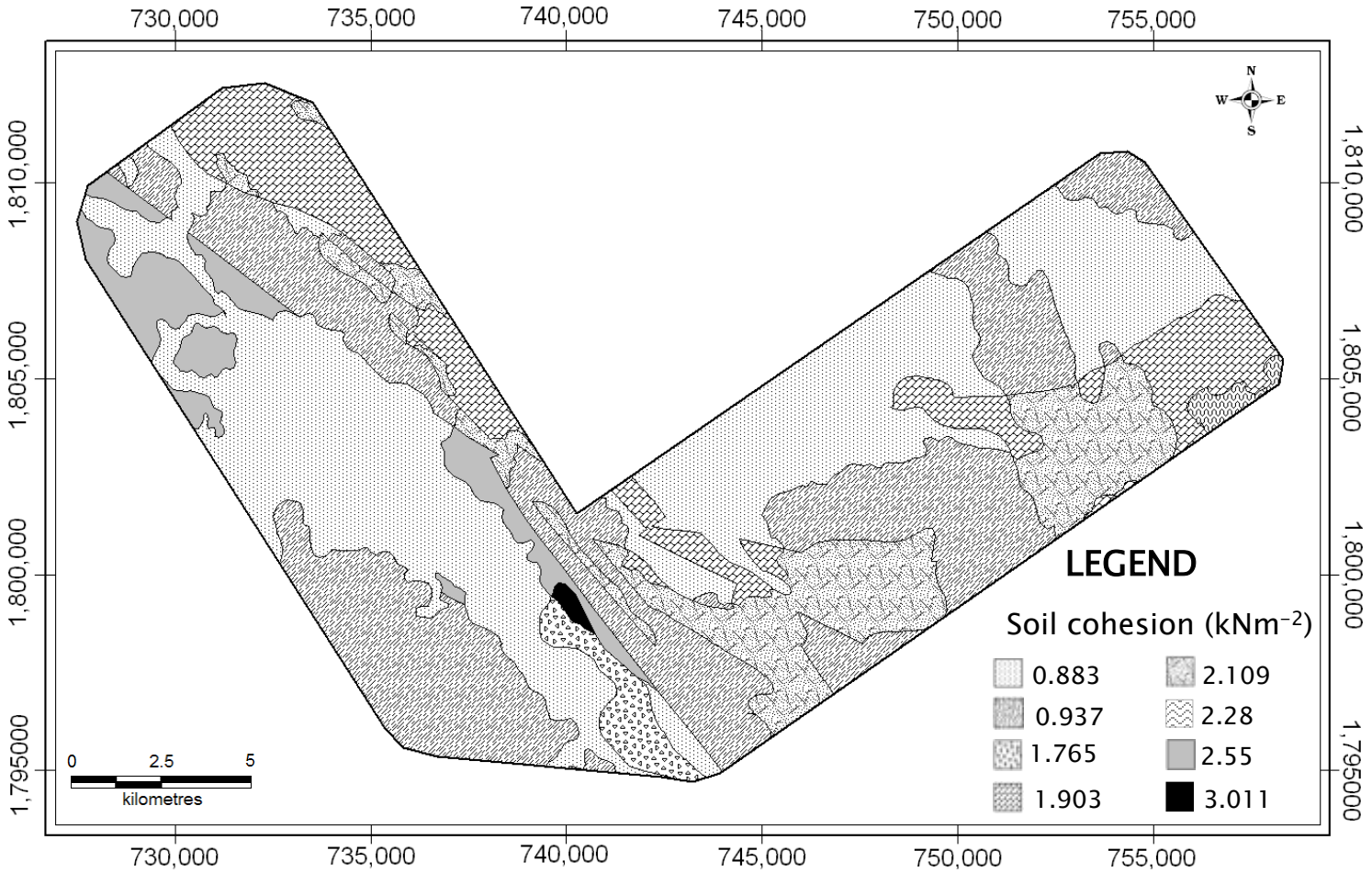


Figure 12. Soil cohesion map of the study area.

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Khả năng thẩm thấu
SOIL HYDRAULIC CONDUCTIVITY MAP

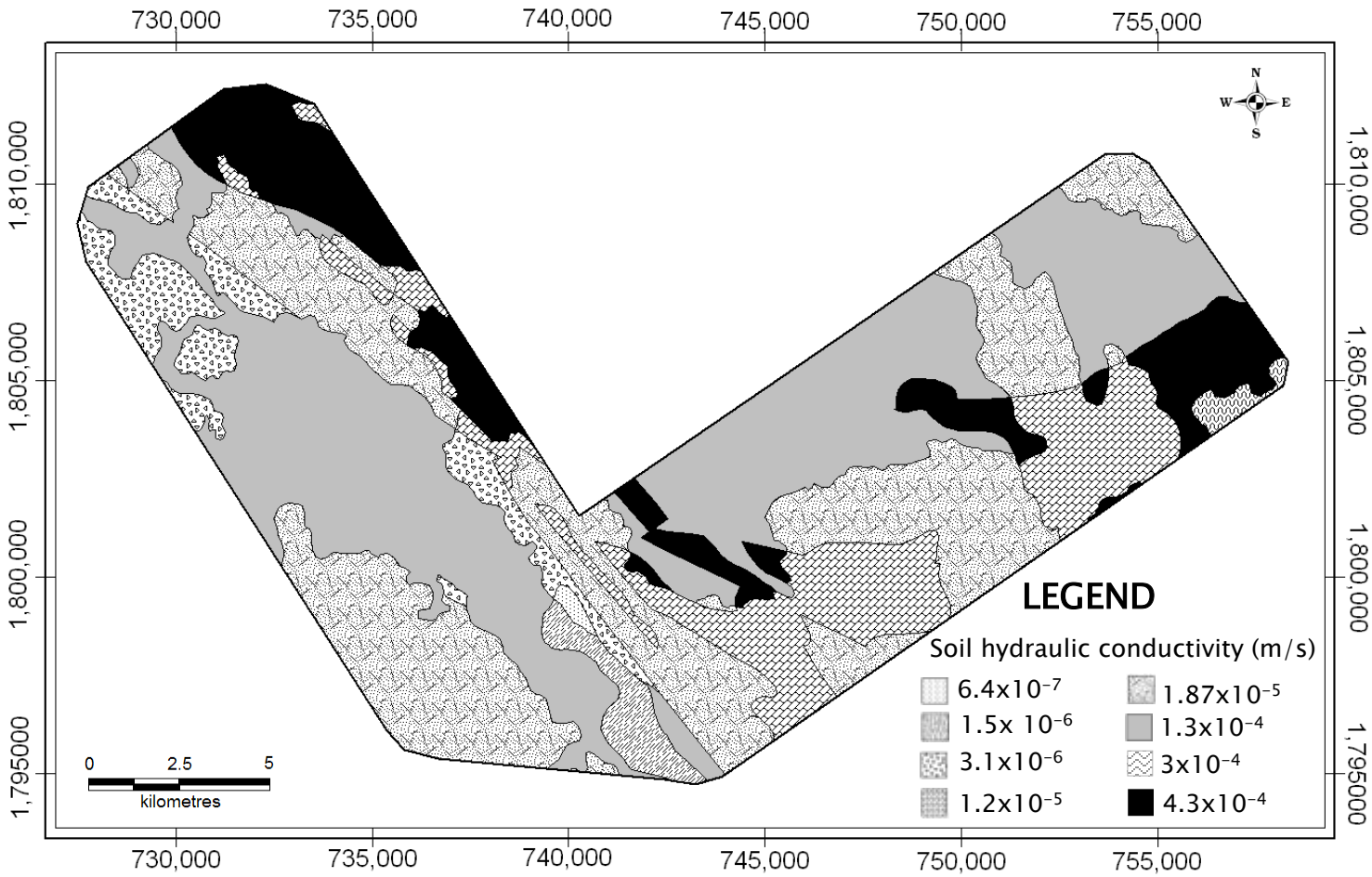


Figure 13. Map of soil hydraulic conductivity in the study area.

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Bản đồ mưa cực đại theo ngày
MAP OF MAXIMUM DAILY PRECIPITATION

Khí hậu khu vực nhiệt đới gió mùa nóng và ẩm với mưa trung bình năm khoảng 3,500 mm. Trung bình 200 ngày mua mỗi năm. Mùa ẩm từ tháng 9 đến tháng 13 với bão đặc biệt từ tháng 10 và tháng 11. số liệu mưa tại huyện A lưới được quan trắc 28 năm từ 1976 to 2003.

Mưa cực đại 610 và 759 mm mỗi ngày , đặc biệt vào 5tháng 11 năm 1999, ngày thứ 5 của bão (từ1 đến 6 11/ 1999.

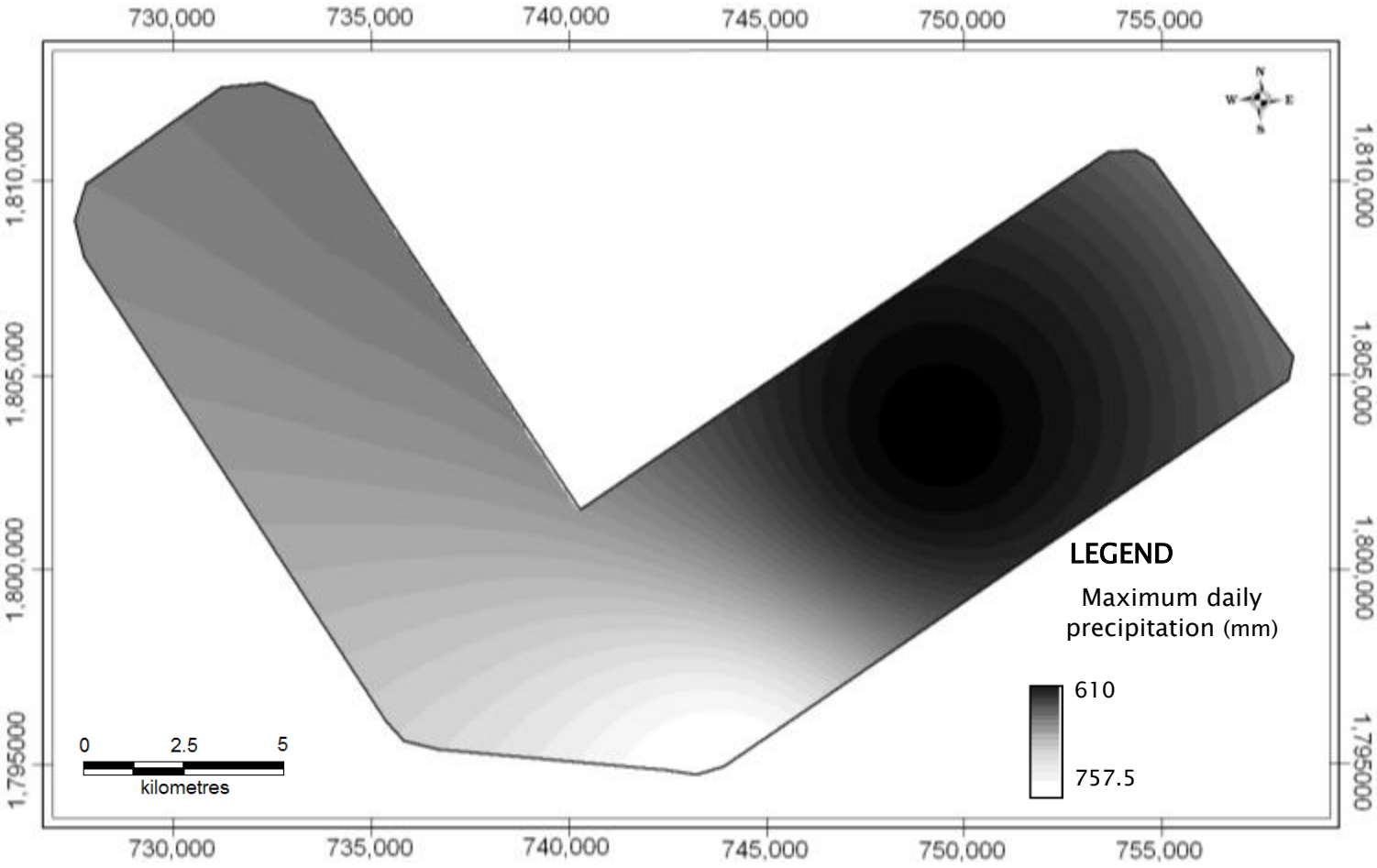


Figure 14. The maximum daily precipitation map of the study area.

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Hệ số dòng chẩy
MAP OF RUNOFF COEFFICIENT IN THE STUDY AREA

Hệ số dòng chẩy phụ thuộc sử dụng đất và lớp thảm thực vật, cấu trúc đất và độ dốc

Sự thay đổi về mặt không gian của hệ số dòng chẩy được xác định bằng mô hình thủy văn WetSpa (Liu and De Smedt 2004), chỉ ra hướng dòng chẩy (e.g., Smith et al. 2012; Safari et al. 2012).

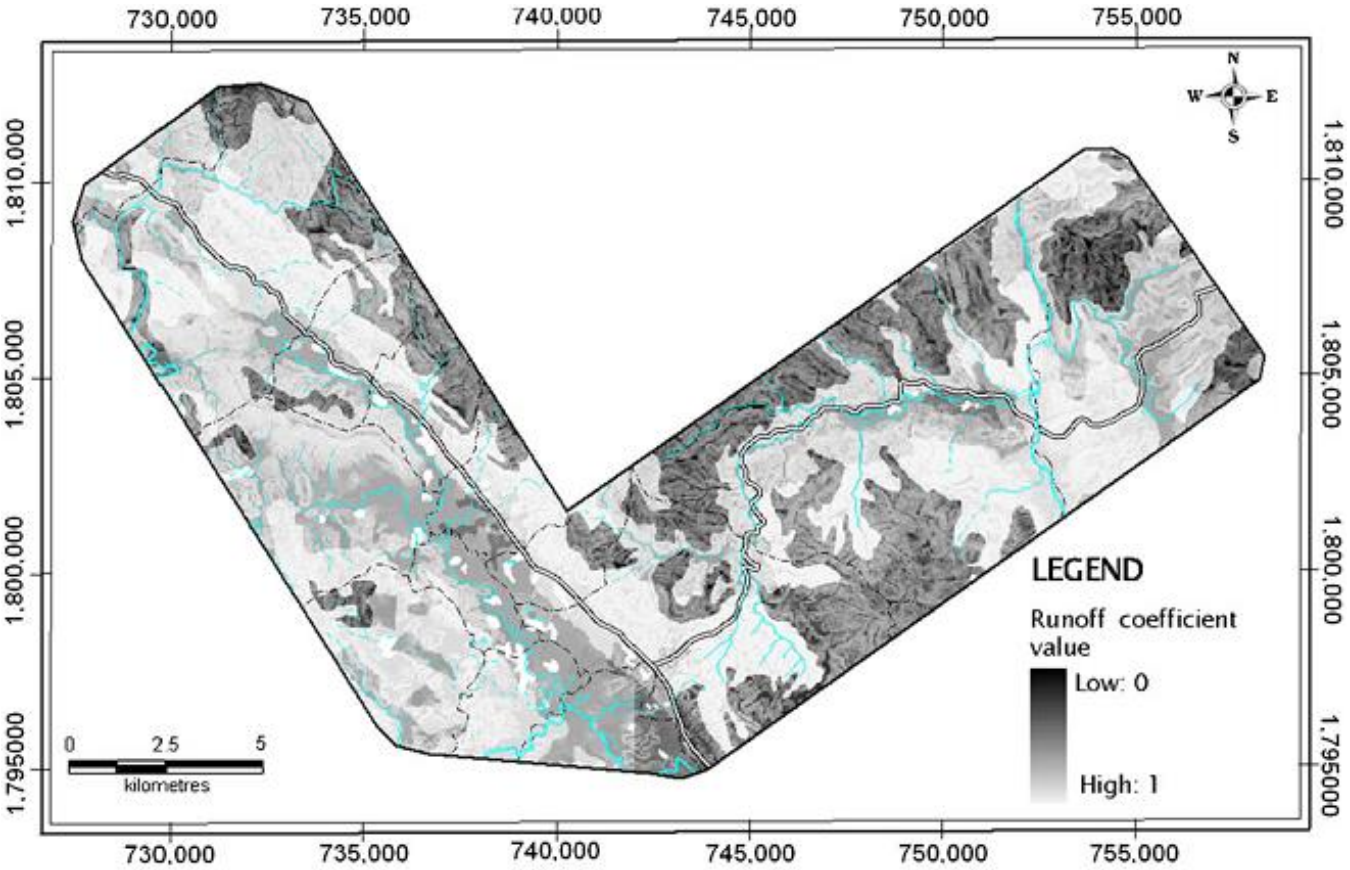


Figure 15. Spatial distribution of the runoff coefficient derived with the WetSpa hydrological model (proposed by Liu and De Smedt, 2004)

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

BẢN ĐỒ HỆ SỐ ĐỘ ẨM
WETNESS INDEX MAP

Dựa trên tần suất mưa tại khu vực nghiên cứu và hệ số dòng chảy

$$I = (1-C)P$$

Chỉ số độ ẩm tính bằng

$$m = \frac{h}{D} = \frac{(1-C)PA_b}{KD\sin\theta},$$

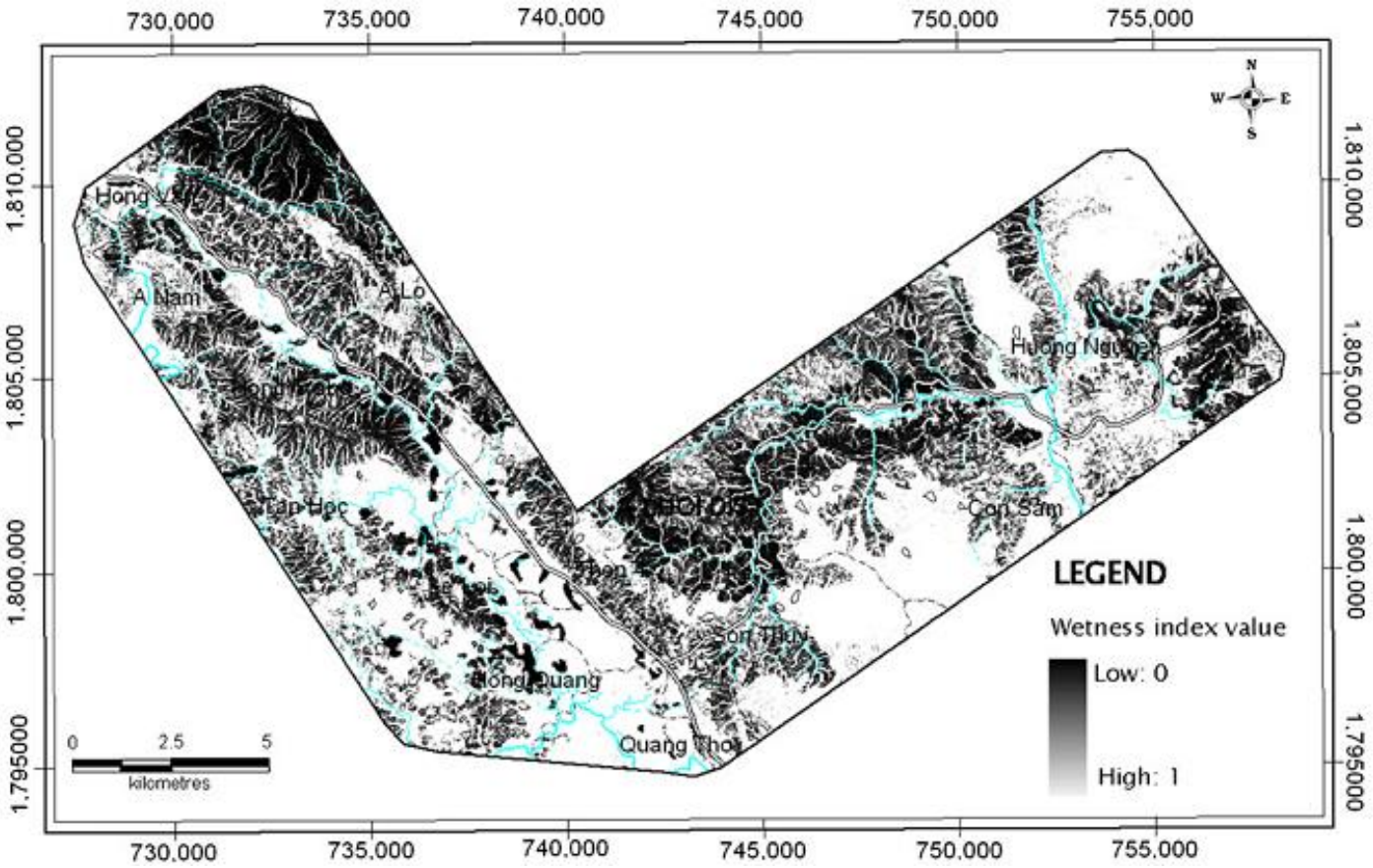


Figure 16. Wetness index map resulting from a the maximum rainfall, observed on 5 November 1999, during a 28-year period (1976–2003).

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

Kết quả và thảo luận
RESULTS AND DISCUSSIONS

Độ ổn định sườn khu vực nghiên cứu Eq (1).

$$Fs = \frac{C_s + C_r}{D\gamma_e \sin\theta \cos\theta} + \left[1 - m\frac{\gamma_w}{\gamma_e}\right]\frac{\tan\varphi}{\tan\theta}$$

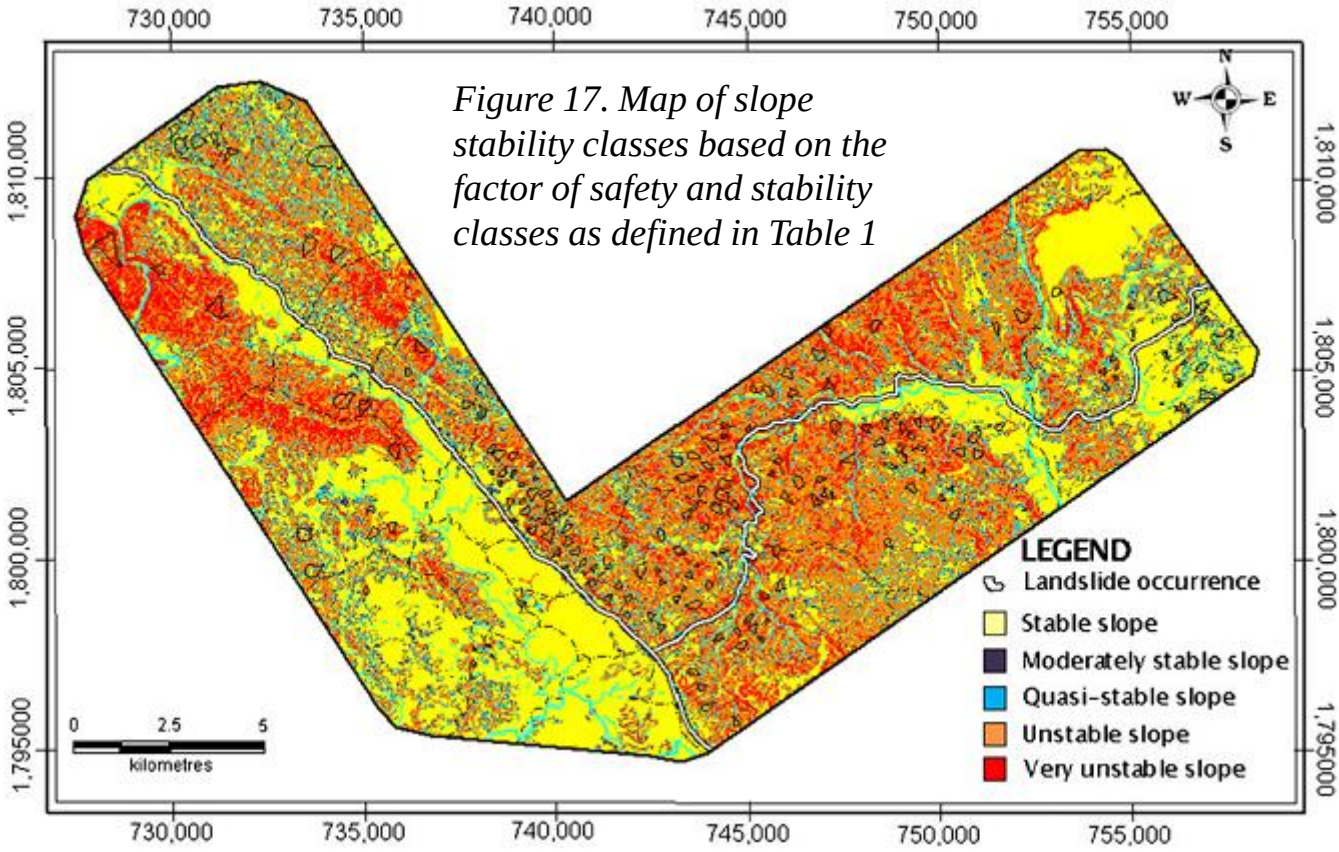


Figure 17. Map of slope stability classes based on the factor of safety and stability classes as defined in Table 1

Bảng 3. % diện tích theo các cấp ổn định sườn và diện tích tương ứng của sạt lở đo được

Slope stability class	Area		Landslide area		Landslide Density (%)
	(km^2)	(%)	(km^2)	(%)	
Very unstable slope	28.9	11.0	1.1	15.9	3.9
Unstable slope	96.9	36.9	3.6	51.1	3.7
Quasi-stable slope	25.1	9.5	0.9	13.2	3.6
Moderately stable slope	14.7	5.6	0.5	6.7	3.2
Stable slope	97.1	37.0	0.9	13.1	0.9
Total	262.7	100	7.0	100	2.7

RESULTS AND DISCUSSIONS

- Cột cuối trong bảng 3 chỉ ra mức độ sạt lở: ví dụ tỷ lệ diện tích sạt lở đo đạc được và diện tích độ ổn định sườn tương ứng. Phần chiếm diện tích lớn (47.9 %) ở những khu vực mức độ ko ổn định trong những phân lớp độ dốc rất không ổn định, với hệ số an toàn tương ứng nhỏ hơn 1. Những khu vực với phần lớn địa hình đồi núi và địa hình chia cắt mạnh, thường che phủ bởi đất trống hoặc thực vật rải rác, như cây bụi, mặc dù một số nơi có rừng tái sinh rừng trồng.
- Mức độ không ổn định cao và phân lớp độ dốc ko ổn định chiếm 67% những khu vực quan sát có sạt lở. The very unstable and unstable slope classes cover 67.0 % of the observed shallow landslides. The fair agreement between observed slope failures and predicted unstable and very unstable slope classes is also clearly seen in Fig. 17.
- The very unstable slope class (<0.5) is rather small, as it covers only 11.0 % of the study area and 15.9 % of the observed slope failures, and appears mostly on the very steep mountainsides.
- The largest class are the unstable slopes (0.5< <1), which cover 36.9 % of the study area and 51.1 % of the observed slope failures. Notice that the landslide density is only slightly larger for the very unstable slope class compared to the unstable slope class.
- On the other hand, the stable slope class covers 37.0 % of the study area and still 13.1 % of the observed slope failures. However, the landslide density is only 0.9%, which is considerably less than the landslide density of the other classes and the 2.7 % average landslide density. The stable slope class is largely situated in the valleys along the main river courses, where also all villages are located and most cultivated areas. The main reason that slope failures are present in the stable slope class is that during the inventory, no distinction has been made between the location of set of a landslides and the location of accumulation of the debris. Hence, the usually flatter areas where debris accumulated have also been denoted as being part of a landslide.

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

RESULTS AND DISCUSSIONS

- The remaining areas are the quasi-stable and moderately stable slope classes. Both are rather small in extent, respectively, 9.5 and 5.6% of the study area, but cover a somewhat larger percentage of the observed slope failures, i.e., 13.2 and 6.7%. The quasi-stable and moderately stable slope classes, with values between 1 and 1.5, are also prone to slope failure, although to a lesser extent than the unstable and very unstable slope classes. This is reflected in the landslide density percentages that decrease from 3.9 % for the very unstable slope class to 3.2 % for the moderately stable slope class.
- Overall, the slope classes with a safety factor less than 1.5 cover 86.9% of the observed shallow landslides in the study area. The remaining observed landslides not predicted by the model are located in the stable stability class, very likely because the landslide inventory makes no distinction between failure area and deposition zone. Hence, the model results are fair in view of the uncertainty in the methodology and data. However, the predictive power is less, because there is little differentiation as all slope classes with a safety factor less than 1.5 cover 63.0 % of the study area. This is also evident from the obtained landslides densities, given in the last column of Table 3.
- The landslides density values decrease from 3.9 % for the very unstable slope class to 0.9% for the stable slope class, while the average landslide density for the whole study area combined is 2.7%. Although the landslide density for the stable slope class is much less than the average value, which implies that the predictive power of the stable slope class is quite good, the landslide density for the other slope classes are only somewhat larger the average value, which considerably restricts their predictive power. Moreover, the results obtained (Table 3) show that the proposed methodology also lacks of predictive capability to differentiate between the unstable slope classes, as the observed landslide density varies from 3.9 % for the very unstable slope class to 3.2% for the moderately stable slope class. Hence, these results are not really encouraging.

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

CONCLUSIONS

- In this study, slope stability was investigated in A Luoi district in the mountainous western part of Thua Thien-Hue Province in Central Vietnam. The goal of the present work was to focus on the methodology, and explain the observed shallow landslides and derive useful information for future research and land-use planning.
- Slope stability was evaluated with the infinite slope stability model and results were compared with an inventory of shallow landslides. The triggering mechanism for slope instability considered in the analysis was the maximum daily precipitation recorded in a 28-year period (1976–2003) in the study area.
- In order to derive infiltration rates and the resulting wetness index, runoff coefficients were taken into account determined with the WetSpa hydrological model. All other necessary spatially distributed physical parameters were derived from digital map of topography, soil texture, and land use.
- Results of the analysis compare favorably with the landslide inventory occurrence map as 86.9 % of the observed slope failures are accurately predicted with a safety factor less than 1.5. It can be concluded that the large part of the study area is prone to landsliding. These areas are generally mountainous and characterized by steep slopes, bare of covered by bush, or partly also afforested.
- The produced slope stability map can be considered as a first step in understanding the mechanisms and causes of slope failure in the study area, and a such, is useful for further research and land-use planning However, for precise prediction of future slope failures, more effort is needed with respect to inventory, spatial variation of causative factors, and analysis techniques.

Landslides (2014) 11:897–907
ISSN 1612-510X
DOI 10.1007/s10346-013-0437-x

THANK YOU VERY MUCH

FOR YOUR ATTENTION!