

VLASTISLAV HÄUFLER

„POTENTIAL OF POPULATION“ AS A MEASURE OF THE GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF THE POPULATION IN CZECHOSLOVAKIA

In several works on the geographical distribution of the population in Czechoslovakia published in 1963—1968, I have dealt with the methods of measuring this essential geographical phenomenon and with possibilities of comparing accomplished changes by more exact methods. In the present contribution, I once again return to these problems.

As is well-known, investigations into the distribution of population in a given area use either absolute or relative measures. It is not necessary to go into details; however, let it be recalled that these measures are severely criticized by geographers and, especially, economists and leading planners of national economy who are dependent on geographical studies. As to experiments, the authors of which have tried to express the special or economic density of population, i. e. to take into account the economic “tolerability” of population, priority in Czechoslovakia goes to J. Hromádka (1934, 1943). After 1945, new ideas in geography (including the measuring of changes) and cartography have been expressed in this country by J. Korčák.

The concept and term of potential of population was introduced by a non-geographer — astrophysicist J. Q. Stewart; besides by him, the use of population potential has been further developed by W. Warntz and other American geographers. The experiment I present in this contribution was inspired by a study by L. Kosiński.

Population potential is based on the laws physics, on gravitational models frequently used, at present, in social-economic sciences. The logical consequence of the development of economy is the growth of population in given places — areas. We certainly understand that individual places — areas influence each other in direct proportion to the number of inhabitants and in inverse proportion to the distance between them. Thus the potential of population in a given place or area considers both the number inhabitants of other places (areas) and their distances from the given place. The definition could also make use of L. I. Vasilevski's formulation — the parameters of potential express, in the economic-geographical sense, the summary influence of the phenomenon that exists in the whole area studied, taking into account the distance from the given place. J. Q. Stewart calculates population

potential at point j of the area studied according to the formula $\frac{\sum_i P_i}{D_{ij}}$, where P_i = population number in place i , D_{ij} = distance between this place i and

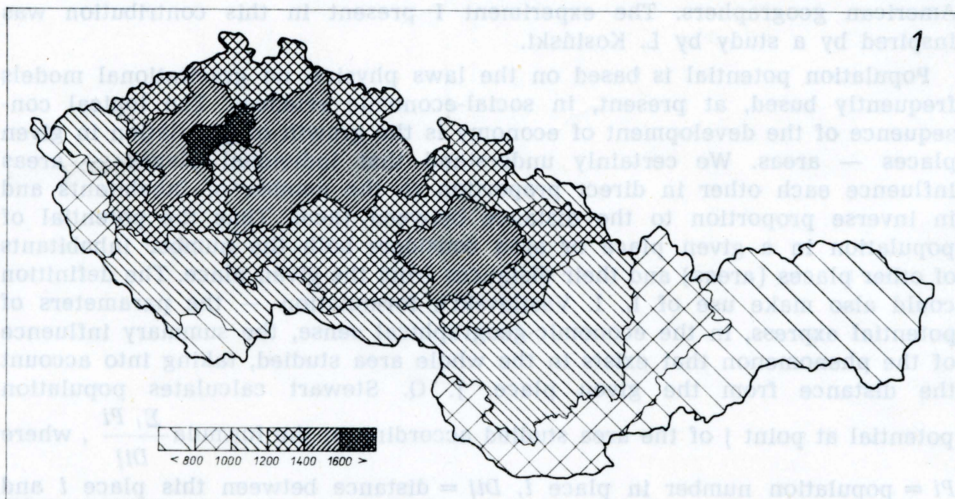
the place j investigated. This author has also the merit of carrying out applications of the physical laws in geography and social sciences (demographic energy).

Besides the potential, representing a scalar quantity, we can introduce into the map also a vector quantity — intensity of the field (number of inhabitants over distance squared, vector lines being vertical to isolines dividing places of the same potential). Centripetal tendencies are balanced by centrifugal ones. Practically, the potential of population has been used several times in Czechoslovakia, though not in the sense of the above exact definition and calculation; e. g., in such and similar cases where labour reserves for a planned or newly established enterprise are being investigated, or the future clientele of services localized in a given centre, etc.

In order to prepare the map of population potential of Czechoslovakia, which was the task of the experiment reported, I used districts (from 1960). They were slightly adapted, especially by joining both the rural districts to Prague and one of the neighbouring districts to Brno, Bratislava, Ostrava (Karviná) and Plzeň (South), respectively. In the district of Plzeň-North, Plasy is considered to be the centre. The number of inhabitants of the district (103 districts) was always related to the district town. Its localization was defined by Cartesian co-ordinates of the map of 1 to 1 million, which gave 1540 (viz., 55×28) squares. E. g., the position of Prague was defined by the numbers 12 (=x) 22 (=y). The districts are, of course, of different size and shape. This is corrected by an index depending both on the size and on the shape of the areal unit; it is the radius of the circle of the same area. In order to be able to keep up with the changes, I calculated the situation for the periods of 1921 and 1961.

The calculations proper — it was necessary to carry out tens of thousands of operations, though rather simple ones — were carried out by a common type computer according to the formula $P_i = \frac{L_i}{A_i} + \sum \frac{L_j}{D_{ij}}$, where

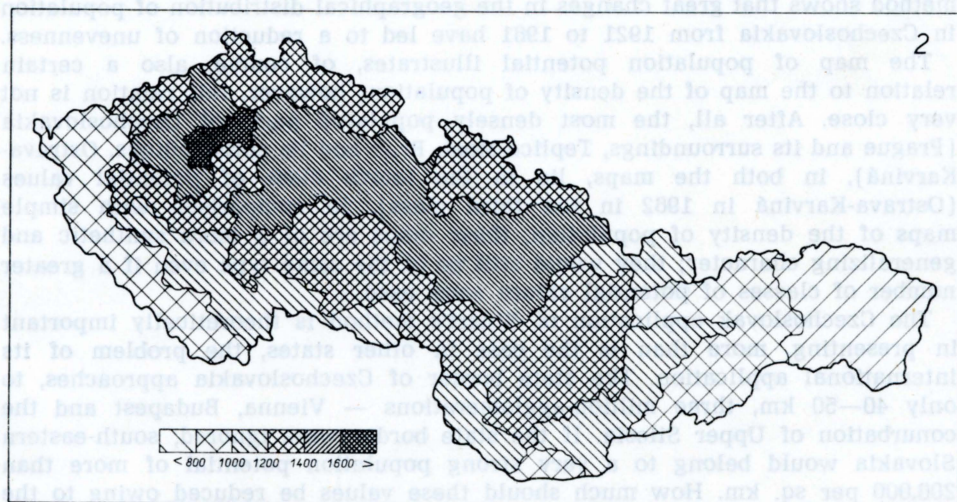
P_i = population potential of the areal element i , L_i = population number in



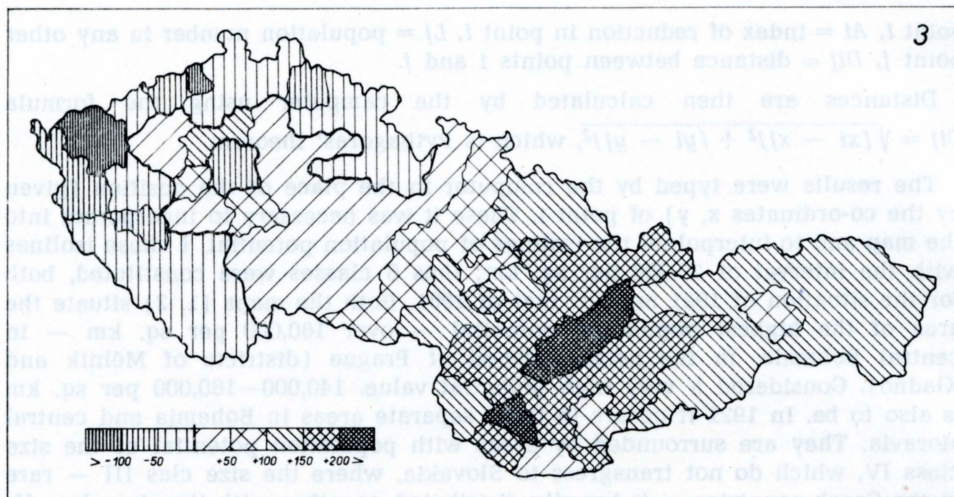
point i , A_i = index of reduction in point i , L_j = population number in any other point j , D_{ij} = distance between points i and j .

Distances are then calculated by the computer using the formula $D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$, which is Pythagoras' theorem.

The results were typed by the computer in the place of the position (given by the co-ordinates x , y) of point i . These it was necessary to incorporate into the map and to interpolate the isolines of population potential. I chose isolines with the interval of 20,000 per sq. km; thus 6 classes were constituted, both for the situation of 1921 and for that of 1961. Both the maps (1, 2) situate the area of the highest population potential — over 160,000 per sq. km — in central Bohemia, in the neighbourhood of Prague (districts of Mělník and Kladno). Considered a very high potential value. 140,000—160,000 per sq. km is also to be. In 1921 it occurs in three separate areas in Bohemia and central Moravia. They are surrounded by areas with population potential of the size class IV, which do not transgress to Slovakia, where the size class III — rare in the Czech countries — is broadly distributed, together with the size class II; as to Bohemia, the latter appears only in the western periphery. Almost the whole eastern half of Slovakia exhibits only the lowest values. In 1961, the maximum remains in the same places (class VI). Areas with population potential of 140,000—160,000 sq. km merge and extend eastwards, but in spite of considerable changes they do not yet extend to Slovakia. Also other size classes have been altered, i. e., basically, extending the areas of lower values in Bohemia and those of higher values in Slovakia. A striking restriction (almost by one half) is typical of the area of the lowest potential value in eastern Slovakia.



Confronting the situations in 1921 and 1961 resulted in preparing the third map, that of the changes in population potential, with their rates and directions in individual areas (districts). For this map (3) I chose the interval of 5,000 per sq. km. Over a period of forty years, in a great number of cases



[72] the potential values increased, all of them in Slovakia and Moravia-Silesia, and in a certain number of cases (31) they decreased, all in Bohemia.

It should be critically admitted that Czechoslovakia, owing to her shape (in contrast to, e. g., Poland and Hungary), is not very suitable for the procedure applied, viz., following the geographical distribution of population by means of population potential. Nevertheless, it appears that the situation of 1961 is much closer to the ideal case than that of 1921. In the ideal case, i. e. that of an even distribution of population, the highest potential values would be situated in the geometrical centre of the state. Thus also this method shows that great changes in the geographical distribution of population in Czechoslovakia from 1921 to 1961 have led to a reduction of unevenness.

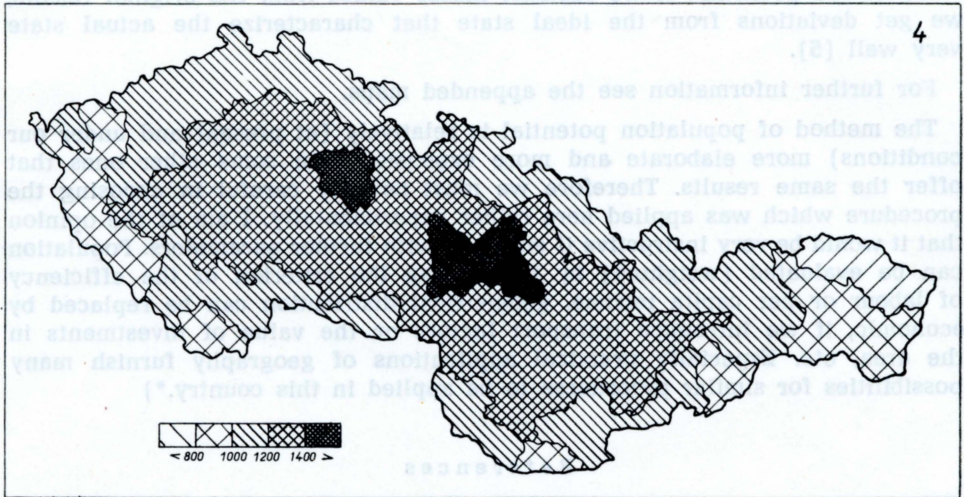
The map of population potential illustrates, of course, also a certain relation to the map of the density of population; however, this relation is not very close. After all, the most densely populated parts of Czechoslovakia (Prague and its surroundings, Teplice-Most, Brno and its surroundings, Ostrava-Karviná), in both the maps, lie in the fourth class of potential values (Ostrava-Karviná in 1962 in the third class). In comparison with simple maps of the density of population, these maps are of a more synthetic and generalizing character; they would still be of the same type even if a greater number of classes of potential values were used.

The Czechoslovak application of Stuart's method is theoretically important in presenting, more than is the case in other states, the problem of its international application. The state border of Czechoslovakia approaches, to only 40–50 km, three million-agglomerations — Vienna, Budapest and the conurbation of Upper Silesia. If the state border were ignored, south-eastern Slovakia would belong to a very strong population potential of more than 200,000 per sq. km. How much should these values be reduced owing to the fact that the state border weakens the influence of the strong centres mentioned above to a considerable extent, but not completely? This problem arises in a number of European states, but always only at one place.

As has been mentioned above, owing to the shape of Czechoslovakia the method applied is not very convenient and that is why we have tried to

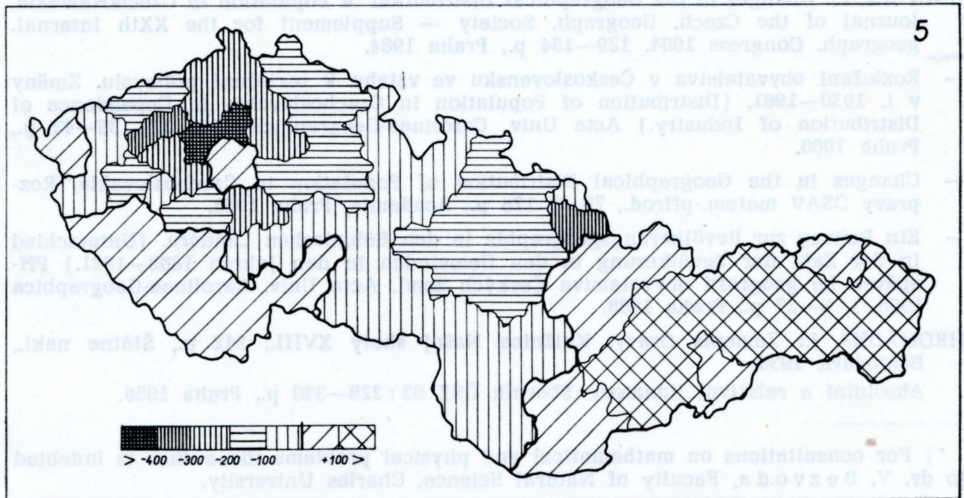
modify it. To this purpose we assume that the whole state is populated in a constant density corresponding to the average density of population.

The formula we use is formally identical, we only introduce the value L_{io} instead of L_i — L_{io} being equal to $h p_i$, where p_i = area of district, h = average density of population in the CSSR. The same expression is valid for index j ; the other expressions remain the same.



One single corresponding calculation of the ideal field is sufficient, since

$$\begin{aligned}
 P_i &= \frac{L_{io}}{A_i} + \sum \frac{L_{jo}}{D_{ij}} \\
 &= h \left(\frac{p_i}{A_i} + \sum \frac{p_j}{D_{ij}} \right)
 \end{aligned}$$



The calculation can thus take the areas of districts into account; the resulting potential is then an h multiple; when the density h_1 is used, we can get over to the case for density h_2 by multiplying the result by the coefficient $\frac{h_2}{h_1}$.

The map (4) obtained through this calculation corresponds to an idealized value of the potential. If we subtract these values from the original results, we get deviations from the ideal state that characterize the actual state very well (5).

For further information see the appended maps.

The method of population potential is relatively (at present and under our conditions) more elaborate and more expensive than some other ones that offer the same results. Therefore we must be very careful in choosing the procedure which was applied here rather experimentally. I am of the opinion that it would be very instructive if enriched with further parameters. Population can be evaluated (weighted) by introducing the criterion of the efficiency of labour or per capita income, geometrical distribution can be replaced by economic, if we introduce transport factors or the value of investments in the area, etc. Especially practical applications of geography furnish many possibilities for similar procedures to be applied in this country.*)

References

- ACKERMAN E. A.: Geography and Demography (717—727 pp.), Population and Natural Resources (621—650 p.), in: The Study of Population (ed. Ph. H. Hauser and O. D. Duncan). The University of Chicago Press, Chicago 1959, 1961 (Second edit.). XVI + 864 p.
- DUNCAN O. D., CUZZORT R. P., DUNCAN B.: Statistical Geography. Problems in Analysing Areal Data. Clencoe III., 1961.
- GIBBS J. P.: The Evolution of Population Concentration. Economic Geography 39, 119—129 p., Worcester 1963.
- HÄUFLER V.: Changes in the Geographical Distribution of Population in Czechoslovakia. Journal of the Czech. Geograph. Society — Supplement for the XXth Internal. geograph. Congress 1964. 129—134 p., Praha 1964.
- Rozložení obyvatelstva v Československu ve vztahu k rozložení průmyslu. Změny v l. 1930—1961. (Distribution of Population in Czechoslovakia in Dependence of Distribution of Industry.) Acta Univ. Carolinae-Geographica 1966 1/2, 35—42 p., Praha 1966.
- Changes in the Geographical Distribution of Population in Czechoslovakia. Rozpravy ČSAV matem.-přirod., 76, 8, 128 p., Academia, Praha 1966.
- Ein Beitrag zur Bevölkerungsgeographie in den Böhmisches Ländern. (Unterschied in der Zahl der Bevölkerung in den Gemeinden in den Jahren 1869—1921.) Příspěvek ke geografii obyvatelstva Českých zemí. Acta Univ. Carolinae-Geographica 1968, 1, 3—27 p., Praha 1968.
- HROMÁDKA J.: Zemepis Oravy. Knižnica Našej školy XVIII., 242 p., Štátne nakl., Bratislava 1934.
- Absolutní a relativní lidnatost. Sborník ČSZ 63:329—330 p., Praha 1958.

*) For consultations on mathematical and physical problems the author is indebted to dr. V. Bezvoda, Faculty of Natural Science, Charles University.

- KORČÁK J.: Geografický medián. (Geographical Median.) Sborník ČSZ 67: 143—150 p., Praha 1962.
- Populační struktura v kartografickém znázornění. (Population Structure in Cartographic Representation.) Sborník ČSZ 70: 336—344 p., Praha 1965.
- Vymezení oblastí maximálního zalidnění. (The Areas of the Extreme Density of Population.) Acta Univ. Carolinae-Geographica 1966, 1/2, 65—72 p., Praha 1966.
- KOSIŃSKI L.: Potencjal ludności jako miara jej rozmieszczenia. (Potential of Population as a Measure of its Distribution.) Przegląd Geograficzny 37: 355—368 p., Warszawa 1965.
- Geografia ludności. 234 p., Państwowe Wyd. Naukowe, Warszawa 1967.
- MAJERGOJZ I. M. (red.), CHROBOKOVÁ D. (transl.): Kvantitativní metody v sovětské ekonomické geografii (skriptum), 94 p., Státní ped. nakl., Praha 1967.
- STEWART J. Q.: An Inverse Distance Variation for Certain Social Influences. Science 93: 89—90 p., 1941.
- A Measure of the Influence of Population at a Distance. Sociometry 5: 63—71 p., 1942.
- Empirical Mathematical Rules Concerning the Distribution and Equilibrium of Population. Geograph. Review. 37: 461—485 p., New York 1947.
- STEWART J. Q., WARTZ W.: Macrogeography and Social Science. Geograph. Review 48: 167—184 p., New York 1958.
- Physics of Population Distribution. Journal of Regional Science 1: 99—123 p., 1958.

R é s u m é

„POTENCIÁL OBYVATELSTVA“ JAKO MÍRA GEOGRAFICKÉHO ROZLOŽENÍ OBYVATELSTVA V ČESKOSLOVENSKU

Sledující rozmiřtění obyvatelstva v nějaké oblasti, používáme, jak známo, buď měr absolutních, nebo relativních. Dále o nich není třeba se zmiňovat, ale připomeňme, jak jsou vystaveny kritice geografů a zejména ekonomů a vedoucích pracovníků plánování národního hospodářství, kteří jsou na geografické elaboráty odkázáni. Z pokusů, při kterých se autoři snaží o vyjádření speciální či ekonomické hustoty zalidnění, tj. o respektování ekonomické únosnosti zalidnění, patří v Československu prioritá J. Hromádkovi (1934 a 1943). A po r. 1945 vyjádřil u nás nové myšlenky v geografii (včetně měření změn) a v kartografii obyvatelstva J. Korčák.

Koncepce i termín *potenciálu obyvatelstva (lidnatosti)* vychází od negeografa (astrofysika) J. Q. Stewarta; vedle něho použití potenciálu obyvatelstva dále propracoval W. Wartz a další američtí geografové. Mne inspirovala k předloženému experimentu studie L. Kosiňského.

Potenciál obyvatelstva vychází ze zákonů fyziky, z modelů gravitačních, používaných dnes často i ve společensko-ekonomických vědách. Rozvoj ekonomiky způsobuje logický růst zalidnění příslušných míst — oblastí. Zajisté chápeme, že jednotlivá místa — oblasti — na sebe působí přímo úměrně podle počtu obyvatel a nepřímo úměrně podle vzájemné vzdálenosti. A tak potenciál obyvatelstva daného místa, resp. oblasti, respektuje jak počet obyvatel (místa, oblasti), tak také počet obyvatel míst (oblastí) ostatních a jejich vzdálenosti od místa daného. Také bychom mohli definovat slovy I. I. Vasiljevského: „Parametry potenciálu v ekonomickogeografickém smyslu vyjadřují sumární vliv jevu, existujícího po celém studovaném území, s přihlédnutím ke vzdálenosti od vytčeného místa.“ J. Q. Stewart vypočítává potenciál obyvatelstva v bodě „j“ studova-

ného území takto:
$$\frac{\sum_i P_i}{D_{ij}}$$
; přitom P_i představuje počet obyvatel v místě i , D_{ij} pak vzdálenost od tohoto místa (i) ke studovanému místu j . Tomuto autorovi patří zásluha i o další aplikace zákonů fyziky v geografii a společenských vědách (demografická energie).

Mimo potenciál, představující veličinu skalární, můžeme do mapy zavést vektorovou veličinu — intenzitu pole (počet obyvatel je dělen čtvercem vzdálenosti, přičemž jsou linie sil kolmé k izočarám, oddělujícím místa stejného potenciálu). Tendence dostředivé jsou vyváženy tendencemi odstředivými. V praxi bylo potenciálu obyvatelstva —

třebaže ne v této přesné definici a výpočtu — i u nás použito několikrát, např. v takových či obdobných případech, kdy se sleduje zásoba pracovních sil pro uvažovaný, resp. nově zakládaný podnik nebo budoucí klientela služeb lokalizovaných v nějakém středisku apod.

V předloženém pokusu jsem při tvorbě mapy potenciálu obyvatelstva Československa používal okresy [z r. 1960] po malých úpravách, zejména po připojení obou venkovských okresů k Praze a po jednom z okolních k Brnu, Bratislavě, Ostravě [Karviná] a Plzni [jih]. V okrese Plzeň-sever považováno za středisko Plasy. Počet obyvatel okresu [je jich 103] byl vždy vztahován k okresnímu městu. Jeho lokalizaci jsem určoval karteziánskými souřadnicemi z mapy 1 : 1 mil., jmiž se vytvoří 1540 [protože 55 × 28] čtverců. Např. polohu Prahy udávala čísla 12 (= x) 22 (= y). Okresy jsou ovšem různě veliké a různého tvaru. To koriguje index, závisející jak na velikosti, tak na tvaru územní jednotky; je to poměr kruhu o stejné ploše. Abychom mohli sledovat i změny, řešil jsem situaci pro období r. 1921 a 1961.

Vlastní výpočty — bylo třeba mnoho desítek tisíc operací, ovšem jednoduchých — byly provedeny na samočinném počítačím stroji běžného typu podle vzorce:

$$P_i = \frac{L_i}{A_i} + \sum \frac{L_j}{D_{ij}}$$

kde P_i = potenciál obyvatelstva na plošném elementu i , L_i = počet obyvatel v bodu i , A_i = index redukce v bodu i , L_j = počet obyvatel ve všech dalších bodech j , D_{ij} = vzdálenost mezi body i , j .

Vzdálenost počítá již stroj sám podle vzorce $D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$, který vlastně představuje větu Pythagorovu.

Výsledek vytiskl počítač stroj v místě polohy (resp. určeném souřadnicemi x , y) bodu i . Ty pak bylo třeba přenést na mapu a interpolovat izočáry potenciálu obyvatelstva. Izočáry jsem zvolil s intervalem po 20 tis./km, vzniklo tedy 6 tříd pro situaci jak r. 1921, tak 1961. Obě mapy [1, 2] ukazují oblast nejvyššího potenciálu obyvatelstva — přes 160 tis./km — ve středních Čechách, v blízkosti Prahy (okresy Mělník a Kladno). Jako velmi vysokou hodnotu potenciálu možno označit také 140—160 tis./km. V roce 1921 jí vykazují tři oddělené oblasti, v Čechách a na střední Moravě. Oblasti s potenciálem obyvatelstva čtvrté velikostní třídy je pak obklopují, nezasahující na Slovensko. Tam je rozšířena velikostní třída třetí, v Českých zemích jen málo zastoupená, a velikostní třída druhá, která se vyskytuje v Čechách pouze na západní periférii. Skoro celá východní polovina této země vykazuje pouze nejnižší hodnoty. V roce 1961 zůstává maximum v těchto místech [VI. skupina]. Oblast s potenciálem obyvatelstva 140—160 tis./km se spojuje a rozšiřuje na východ, na Slovensko však i přes velké změny stále nezasahuje. I v dalších velikostních třídách dochází ke změnám, které dokazují přesuny směrem k východu, tj. v podstatě rozšiřování oblastí nižších hodnot v Čechách a oblastí vyšších hodnot na Slovensku. Výrazné ja pak zmenšení rozsahu — skoro na polovinu — oblastí nejnižších hodnot potenciálu na východním Slovensku.

Srovnáním situací r. 1921 a 1961 byla vytvořena třetí mapa, mapa změn potenciálu obyvatelstva, s jejich tempem i směrem v jednotlivých areálech [okresech]. V ní [3] jsem zvolil interval po 5 tis./km. Za období 40 let dochází v Československu ve velkém počtu případů (72) k zvýšení hodnot potenciálu obyvatelstva, vesměs na Slovensku a Moravě-Slezsku, v určitém počtu případů (31) k jejich snížení, vesměs v Čechách.

Kriticky nutno přiznat, že Československo se svým tvarem [opak viz např. Polsko nebo Maďarsko] málo hodí pro postup, který jsme zde aplikovali — pro sledování geografického rozložení obyvatelstva pomocí potenciálu obyvatelstva. Přesto dokazuje, že situace v r. 1961 se blíží ideálnímu případu mnohem více než v r. 1921. V ideálním [tj. rovnoměrném] případě rozložení obyvatelstva by nejvyšší hodnoty potenciálu ležely v geometrickém středu státu. Tedy také touto metodou se dokazuje, že veliké změny v geografickém rozložení obyvatelstva Československa od r. 1921 do r. 1961 vedly k zmenšení nerovnoměrností.

Mapa potenciálu obyvatelstva ilustruje samozřejmě určitý vztah k mapě hustoty zalidnění, ale nikoli vztah těsný. Ostatně nejhustěji zalidněné části Československa [Praha s okolím, Teplice — Most, Brno s okolím, Ostrava — Karviná] na obou zhotovených mapách leží až ve čtvrté třídě hodnot potenciálu [Ostrava — Karviná r. 1921 ve třetí]. Mapy mají ve srovnání s prostými mapami hustoty zalidnění více syntetický a gene-

ralizující charakter; takovými by zůstaly i při volbě většího počtu tříd hodnoty potenciálu.

Československá aplikace Stuartovy metody má teoretický význam potud, že více než u jiných států vyvolává problém její aplikace mezinárodní. Státní hranice ČSSR se totiž na pouhých 40—50 km přibližuje k třem miliónovým aglomeracím — Vídni, Budapešti a konurbaci Horní Slezsko. Kdyby se ignorovaly státní hranice, octlo by se jihozápadní Slovensko v pásmu velmi silného populačního potenciálu, převyšujícího 200 tis./km. Do jaké míry se mají tyto hodnoty redukovat vzhledem k tomu, že státní hranice sice silně zeslabuje působení uvedených silných center, ale nikoli úplně? Takový problém vyvstává u řady evropských států, ale vždy jen na jednom místě.

Protože tvar Československa, jak již výše uvedeno, není nejvhodnější pro použití aplikované metody, byl učiněn pokus o její *modifikaci*. Uvažujeme přitom, že celý stát je zalidněn při konstantní hustotě, odpovídající průměrné hustotě zalidnění.

Použitý vzorec bude formálně stejného tvaru, pouze místo L_i zavedeme hodnotu L_{i0} , přičemž platí

$$L_{i0} = h p_i$$

kde p_i = plocha okresu, h = průměrná hustota zalidnění v ČSSR.

Stejný výraz platí pro index j ; ostatní použité výrazy zůstávají i v tomto případě.

Odpovídající výpočet ideálního pole stačí provést pouze jednou, neboť platí

$$\begin{aligned} p_i &= \frac{L_{i0}}{A_i} + \sum \frac{L_{j0}}{D_{ij}} \\ &= h \left(\frac{p_i}{A_i} + \sum \frac{p_j}{D_{ij}} \right) \end{aligned}$$

Je možno tedy při výpočtu uvažovat plochy okresů a výsledný potenciál je potom h -násobkem; při použití hustoty h_1 lze na případ pro hustotu h_2 přejít vynásobením výsledku koeficientem $\frac{h_2}{h_1}$.

Mapa (4) získaná tímto výpočtem odpovídá jakési idealizované hodnotě potenciálu. Když tyto hodnoty odečteme od původně dosažených výsledků, dostaneme odchylky, které velmi dobře charakterisují skutečný stav (5).

V dalším odkazují na připojené mapy.

Metoda potenciálu obyvatelstva (v současné době a v našich poměrech) je poměrně pracnější, nákladnější než jiné, kterými docílíme stejné výsledky. Proto musíme uvážlivě zvolit postup, který zde byl spíše experimentálně aplikován. Myslím, že by jako instrukativní vystoupila zvláště při obohacení o další parametry. Obyvatelstvo může být např. oceňováno (váženo) zavedením kritéria produktivity práce či důchodu na hlavu, geometrické rozložení může být až zaměněno za ekonomické, když např. zavedeme faktory dopravní či hodnotu investic v území apod. Zejména v aplikaci geografie pro praxi vytyčují se v tomto smyslu i u nás veliké možnosti pro podobné postupy.

Pokud se týče otázky použití počítačích strojů při tvorbě ekonomických map, pokus odpovídá kladně.*)

*) Autor je zavázán za konzultace v otázkách matematických a fyzikálních dr. V. Bezvodovi z přírodovědecké fakulty University Karlovy.