

CZU: 519.852:35.07(478)

UN MODEL MATEMATIC PENTRU OPTIMIZAREA ORGANIZĂRII ADMINISTRATIV-TERITORIALE A REPUBLICII MOLDOVA

Radu BUZATU, Cristina RABEI, Mihai ROȘCOVAN***

Universitatea de Stat din Moldova

**Institutul de Dezvoltare Urbană*

***Business Consulting Institute*

În lucrare se propune un model matematic de programare liniară în numere întregi pentru optimizarea organizării administrativ-teritoriale a Republicii Moldova care poate servi ca un instrument obiectiv și flexibil pentru obținerea și evaluarea scenariilor potențiale de consolidare administrativ-teritorială.

Cuvinte-cheie: organizare administrativ-teritorială, model matematic, programare liniară.

A MATHEMATICAL MODEL FOR OPTIMIZATION OF ADMINISTRATIVE-TERRITORIAL ORGANIZATION OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

This paper presents a mathematical model of linear programming in full numbers for the optimization of the administrative-territorial organization of the Republic of Moldova. This model can serve as an objective and flexible tool for obtaining and evaluating the potential scenarios of the administrative-territorial consolidation.

Keywords: administrative-territorial organization, mathematical model, linear programming.

Introducere

Administrația publică eficientă la nivel local și național este o condiție importantă pentru dezvoltarea durabilă a Republicii Moldova. Această condiție este evidențiată în documentele de politici, cum ar fi Strategia Națională de Dezvoltare „Moldova 2020” sau Programul de activitate al Guvernului pentru perioada 2016-2018.

Actuala structură administrativ-teritorială a Republicii Moldova este extrem de fragmentată: 898 de autorități publice locale (APL) de nivelul întâi (orașe și sate) și 35 de raioane, municipii și UTA Găgăuzia (APL de nivelul doi) pentru o populație totală de 2,9 milioane (conform recensământului din 2014). Numărul mediu de locuitori într-o unitate administrativ-teritorială (UAT), excluzând Municipiul Chișinău, este de 2800, în condițiile în care experiența UE arată că dimensiunea optimă a unei UAT pentru a asigura furnizarea serviciilor de calitate, precum și pentru a facilita dezvoltarea economiei locale, este de cca 30.000 de locuitori [1]. Aproape 90% din UAT au mai puțin de 5000 de locuitori și mai mult de o treime din UAT au mai puțin de 1500 de locuitori, dar acest număr este mai mic decât numărul minim prevăzut de Legea privind organizarea administrativ-teritorială [2]. Legea privind descentralizarea administrativă prevede că o autoritate publică locală este considerată viabilă dacă cheltuielile administrative nu depășesc 30% din totalul veniturilor locale [3]. Conform studiilor efectuate în domeniu [4], doar 1% din autoritățile publice locale din Moldova îndeplinesc acest criteriu. Mai mult decât atât, numai 9% din autoritățile publice locale își pot acoperi cheltuielile administrative din veniturile proprii, în timp ce aceste cheltuieli constituie, în medie, de la 15% la 40% din bugetele locale. Iar serviciile comunale, cea mai importantă categorie de servicii locale, nu depășesc 6-8% din cheltuielile majorității autorităților locale. În multe cazuri, costurile de furnizare a serviciilor publice sunt nesemnificative și chiar inadecvate.

Fragmentarea excesivă în cadrul actualei organizări administrativ-teritoriale generează un șir de probleme cu care se confruntă APL. Un număr mic de populație în cadrul UAT limitează resursele financiare și capacitatea administrativă a APL de a-și îndeplini responsabilitățile atribuite. Prin urmare, majoritatea absolută a comunelor nu este capabilă să ofere servicii publice de calitate și se limitează doar la funcții reprezentative. Aceasta reduce în special potențialul de dezvoltare al zonelor rurale ce cuprind mai mult de 65% din populația totală a țării.

Consolidarea administrativ-teritorială prevede sporirea gradului de independență financiară a APL prin sporirea veniturilor locale și eficientizarea cheltuielilor, prin utilizarea economiilor administrative obținute în procesul amalgamării pentru îmbunătățirea calitativă și cantitativă a serviciilor publice locale furnizate de APL.

În Republica Moldova s-au făcut mai multe încercări de a reforma APL în general și de a eficientiza structura administrativă, în particular. Cea mai importantă reformă a fost realizată în 1999, când s-a trecut la sistemul cu județe. Însă, după puțin timp, în 2003 s-a revenit la sistemul raional de organizare teritorială. Începând de atunci reforma administrativ-teritorială este unul dintre subiectele principale ale discuțiilor politice din Moldova. În ultimii opt ani au fost realizate mai multe studii privind îmbunătățirea structurii administrativ-teritoriale. Dintre acestea putem menționa două: studiul realizat de Expert-Grup în 2010 [5] și propunerea de politică publică elaborată în 2015 cu suportul financiar al Programului Națiunilor Unite pentru Dezvoltare (PNUD) [4]. Aceste studii conțin câteva opțiuni de amalgamare administrativ-teritorială, dar nu dezvoltă niciun model matematico-statistic riguros care ar servi ca un instrument obiectiv și flexibil pentru obținerea scenariilor administrativ-teritoriale optime. În acest context, în articolul de față ne-am propus de a acoperi acest gol prin propunerea modelului matematic potrivit, în baza căruia poate fi realizat un sistem informatic care în timp real poate oferi posibilitatea obținerii și evaluării soluțiilor de organizare administrativ-teritorială, pentru luarea unor decizii publice adecvate. De menționat că sunt cunoscute și alte modele matematice existente cu privire la reorganizarea administrativ-teritorială în dependența de diferite criterii și restricții prezentate în lucrările [6,7].

Formularea problemei și criterii de optimizare

Problema privind optimizarea structurii administrativ-teritoriale poate fi formulată ca identificarea unei împărțiri administrativ-teritoriale a localităților în regiuni bine conectate, astfel încât serviciile publice oferite de APL să fie accesibile și calitative. Criteriile de accesibilitate și calitatea serviciilor pot fi reprezentate în diferite moduri. În cele mai multe cazuri, acestea sunt funcții de numărul populației și distanța (costurile) până la centrul de prestare a serviciilor. De asemenea, un alt criteriu important constituie optimizarea cheltuielilor administrative și realocarea resurselor eliberate pentru furnizarea de servicii. Deoarece cheltuielile administrative pe cap de locuitor se află într-o relație invers proporțională cu numărul de populație (*a se vedea* Figura 1), pentru minimizarea cheltuielilor acestora vom recurge la balansarea (minimizarea diferențelor) populației între UAT.

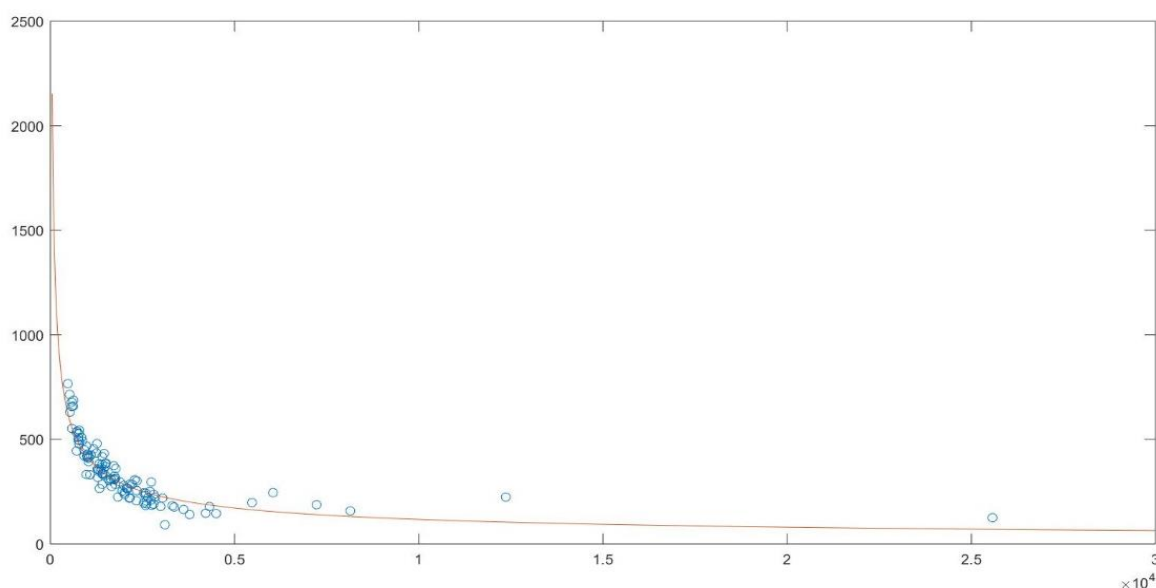


Fig.1. Relația dintre cheltuielile administrative pe cap de locuitor (axa verticală) și numărul populației (axa orizontală) conform datelor din anul 2015 pentru raioanele Telenești, Șoldănești, Orhei și Rezina.

Astfel, evaluarea scenariilor de organizare administrativ-teritorială poate fi realizată prin analiza a doi indicatori: (1) economiile administrative și (2) debalansarea populației:

$$\text{Economii} = \frac{\text{Cheltuielile administrative actuale} - \text{Cheltuielile administrative noi}}{\text{Cheltuielile administrative actuale}}$$

$$\text{Debalansarea} = \frac{\text{Populația maximă dintre UAT} - \text{Populația minimă dintre UAT}}{\text{Populația maximă dintre UAT}}$$

Modelul matematic

Fie dată mulțimea de localități $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$. Se consideră un graf neorientat $G = (V; E)$ care se asociază cu S , astfel încât fiecare vârf $v_i \in V$ corespunde localității $s_i \in S$ și muchia $\{v_i, v_j\}$ aparține mulțimii E dacă și numai dacă s_i și s_j sunt localități vecine, între care există un drum direct. Fiecărei muchii $\{v_i, v_j\}$ a grafului G i se pune în corespondență distanța d_{ij} dintre localitățile s_i și s_j . Procesul de divizare administrativ-teritorială este echivalent cu divizarea mulțimii de localități S în familia de submulțimi $F(S)$, fiecare element al căreia corespunde unei UAT după cum urmează:

$$\begin{aligned} C &\neq \emptyset \quad \forall C \in F(S) \\ C \cap C' &= \emptyset \quad \forall C, C' \in F(S), \quad C \neq C' \\ S &= \bigcup_{C \in F(S)} C \end{aligned}$$

Pentru definirea relației de apartenență, vom introduce variabilele x_{ij} care primesc valoarea 1 dacă localitatea s_i formează o primărie, iar localitatea s_j este subordonată primăriei s_i ; în caz contrar, x_{ij} primește valoarea 0. Se consideră că dacă localitatea s_i formează o primărie, atunci ea se subordonează sieși. În general, variabilele x_{ij} formează matricea pătratică X de dimensiunea $n \times n$. Pentru balansarea populației vom folosi două variabile ajutătoare p^{min} și p^{max} .

Înainte de a formula modelul, vom introduce parametrii necesari:

- N – numărul dat de UAT;
- D – distanța maximă dintre primăria și localitățile UAT;
- P – numărul minim al populației UAT;
- P' – numărul minim al populației în localitatea reședință de UAT;
- p_i – numărul populației în localitatea s_i ;
- d_{ij} – distanța pe drum dintre localitățile s_i și s_j ;
- R_{ij} – mulțimea localităților s_l ce se află pe un drum de lungime minimă dintre localitățile s_i și s_j ;
- A – coeficientul balansării populației;
- β – coeficientul minimizării distanțelor;
- λ – coeficientul populației primăriei în raport cu populația celorlalte localități din UAT;
- M – un număr suficient de mare.

Conform notațiilor propuse, se formulează următorul model de programare liniară în numere întregi cu un număr dat de UAT:

$$\alpha(p^{max} - p^{min}) + \beta \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_j d_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n p_j x_{ij} - p^{max} \leq 0, \quad i = \overline{1, n} \quad (2)$$

$$-\sum_{j=1}^n p_j x_{ij} + M x_{ii} + p^{min} \leq M, \quad i = \overline{1, n} \quad (3)$$

$$-\sum_{l \in R_{ij}} x_{il} + |R_{ij}| x_{ij} \leq 0, \quad i, j = \overline{1, n} \quad (4)$$

$$-\sum_{j=1}^n p_j x_{ij} + P x_{ii} \leq 0, \quad i = \overline{1, n} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = \overline{1, n} \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ii} = N \quad (7)$$

$$d_{ij} x_{ij} \leq D, \quad i, j = \overline{1, n} \quad (8)$$

$$p_j x_{ij} - \lambda p_i x_{ii} \leq 0, \quad i, j = \overline{1, n} \quad (9)$$

$$(P' - p_i) x_{ii} \leq 0, \quad i = \overline{1, n} \quad (10)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i, j = \overline{1, n} \quad (11)$$

$$p^{min}, p^{max} \in \mathbb{N} \quad (12)$$

Funcția obiectiv (1) balansează numărul populației între UAT și minimizează suma distanțelor de la primării până la localitățile subordonate acestora, ponderate cu numărul populației localităților date. Restricțiile (2) și (3) servesc pentru determinarea populației maxime p^{max} și minime p^{min} pentru toate UAT. Conexitatea UAT se menține cu ajutorul drumurilor de lungime minimă ce leagă primăria cu celelalte localități din cadrul UAT (4). Restricția (5) verifică dacă numărul populației UAT este mai mare sau egală cu P , iar restricția (6) asigură repartizarea tuturor localităților între UAT, astfel încât divizările teritoriale să nu se intersecteze. Condiția (7) stabilește numărul UAT, iar (8) verifică dacă distanțele dintre primăria și localitățile UAT nu sunt mai mari de D . Condiția (9) verifică dacă numărul populației primăriei înmulțit cu coeficientul populației λ este mai mare decât numărul populației fiecărei localități din UAT. Restricția (10) verifică dacă numărul populației primăriei nu este mai mic de P' . Restricțiile (11) și (12) definesc natura variabilelor decizionale.

Prin schimbarea funcției obiectiv (1) cu

$$\alpha(p^{max} - p^{min}) + \beta \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_j d_{ij} x_{ij} + \gamma \sum_{i=1}^n x_{ii} \rightarrow \min$$

unde γ este coeficientul numărului de primării, și prin schimbarea restricției (7) cu

$$-\sum_{i=1}^n x_{ii} \leq -N$$

unde N reprezintă numărul minim de UAT, se obține un model de programare liniară în numere întregi care minimizează numărul de UAT.

În ambele modele funcția obiectiv reprezintă suma ponderată a mai multor criterii. Pentru simplitatea și claritatea modelării, unele criterii de optimalitate pot fi realizate sub formă de restricții. De exemplu, pentru balansarea populației poate fi utilizată următoarea restricție:

$$p^{max} - p^{min} \leq \delta P$$

Rezultatele modelării

Modelul descris a fost aplicat pentru simularea organizării administrativ-teritoriale în baza localităților din patru raioane: Telenești, Șoldănești, Orhei și Rezina. Simularea s-a efectuat în sistemul MATLAB; rezultatele simulării sunt prezentate mai jos.

Din Figura 2 se observă că viteza de creștere a economiilor în funcție de populația minimă a UAT se micșorează, până la momentul când $P \approx 5000$. Pentru $P > 5000$ funcția dată are o tendință pronunțată spre liniarizare cu panta lentă, ceea ce înseamnă că creșterea economiilor în cazul de față nu este atât de semnificativă. Prin urmare, este motivată utilizarea parametrului $P \leq 5000$. De menționat că în acest caz numărul de unități administrative este $N \geq 14$.

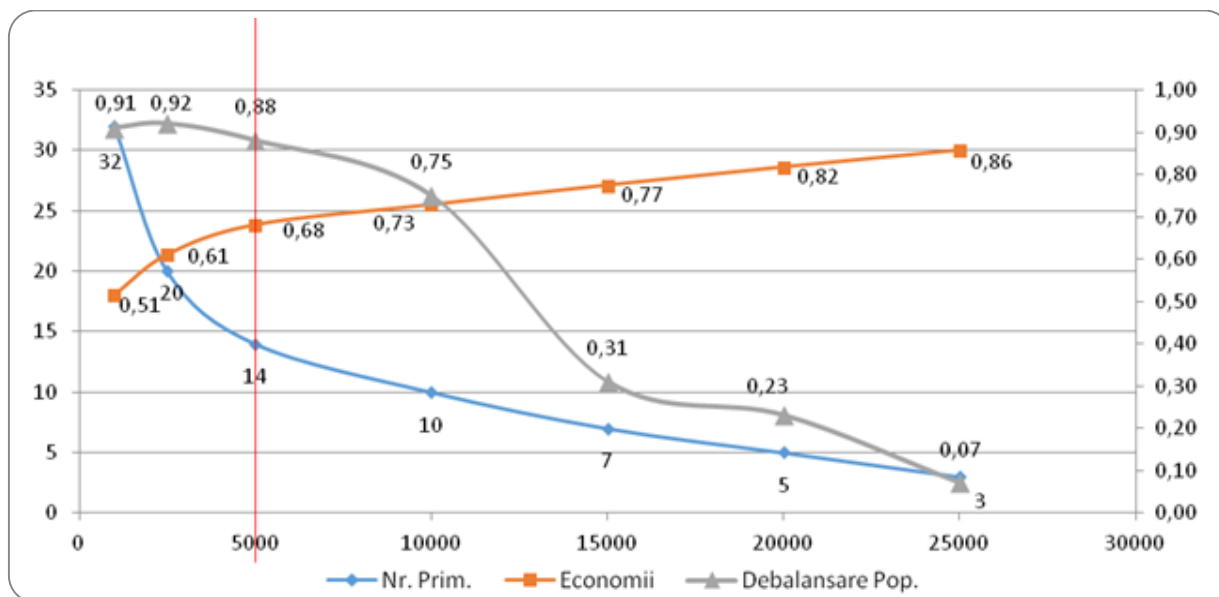


Fig.2. Economiiile, numărul de UAT și debalansarea populației în dependența de populația minimă a UAT.

După cum se poate observa din Figura 3, viteza de creștere a funcției economiilor în dependență de distanța maximă se micșorează, până când D atinge valoarea 20 km, după care funcția în cauză practic se liniarizează, iar panta ei devine lentă, ceea ce înseamnă că este justificată utilizarea parametrului $D \leq 20$. Se observă că pentru valoarea $D \leq 20$ are loc inegalitatea $N \geq 20$. În plus, din Figurile 2 și 3 se vede că debalansarea populației este cu atât mai puțin pronunțată cu cât distanța maximă dintre primăria și localitățile UAT și populația minimă în UAT sunt mai mari.

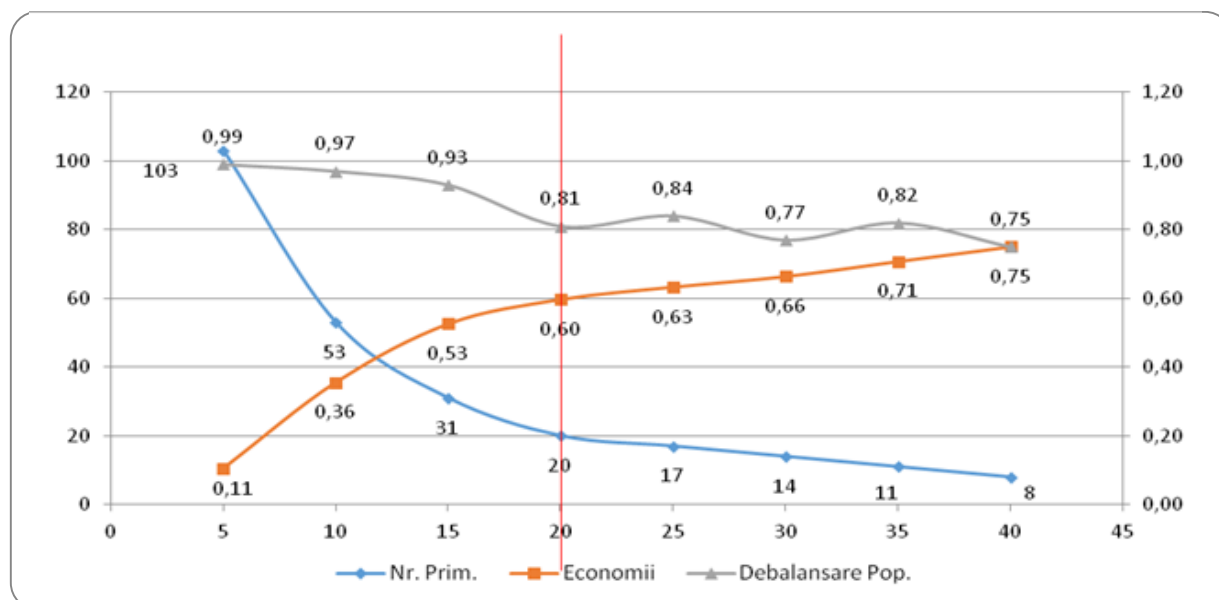


Fig.3. Economiiile, numărul de UAT și debalansarea populației în dependența de distanța maximă dintre primăria și localitățile UAT.

Un exemplu de organizare administrativ-teritorială eficientă a celor patru raioane, obținută cu ajutorul modelului matematic propus, este prezentat în Figura 4. Astfel, pentru parametrii $D = 20$ și $P = 2500$ s-au format 20 de APL, sau de aproape 6 ori mai puține decât în situația actuală (numărul total de localități din

aceste raioane este 203, iar numărul de APL – 117), dar și economiile administrative constituie 61% (cheltuielile administrative pentru UAT obținute au fost determinate sintetic prin extrapolarea relației din Figura 1). Ceea ce înseamnă că suma considerabilă de bani economisiți din reducerea cheltuielilor administrative poate fi realocată pentru îmbunătățirea serviciilor furnizate de APL.



Fig.4. Organizarea administrativ-teritorială a raioanelor Telenești, Șoldănești, Orhei și Rezina, obținută cu ajutorul modelului matematic propus (prezentarea grafică realizată de Igor Roșca).

Concluzii

În lucrarea de față este propus un model matematic de programare liniară în numere întregi pentru optimizarea organizării administrativ-teritoriale a Republicii Moldova. Modelul propus, fiind testat pe patru raioane (Telenești, Șoldănești, Orhei și Rezina), s-a dovedit a fi un instrument flexibil și eficient care în timp real permite generarea scenariilor optime de consolidare administrativ-teritorială. Fără îndoială, acest instrument poate fi ușor adaptat la condițiile întregii Republici Moldova prin adăugarea restricțiilor noi (ce țin, de exemplu, de: capacitatea fiscală, diferențierile etnice etc.) și modificarea funcției obiectiv (maximizarea capacității economice, maximizarea conectivității UAT etc.).

Referințe:

1. SWIANIEWICZ, P. *Territorial consolidation reforms in europe*. Local Government and Public Service Reform Initiative/Open Society Institute, 2010.
2. Legea privind organizarea administrativ-teritorială a Republicii Moldova, nr.764 din 27.12.2001. În: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, 2002, nr.16, art.53.
3. Legea privind descentralizarea administrativă, nr.435 din 28.12.2006. În: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, 2007, nr.29-31, art.91.
4. IONESCU, A., DREZGIC, S., RUSU, I. *Raport privind opțiunile pentru reorganizarea structurii administrativ-teritoriale în Republica Moldova*. UNDP, 2015 (Actualizat în 2017).
5. OSOIAN, I., SÎRODOEV, I., VEVERIȚĂ, E., PROHNIȚCHI, V. *Analytical study on optimal administrative-territorial structure*. Expert-Grup, 2010.
6. PICCOLO, C. *Mathematical Models to support territorial reorganization decisions in the public sector*, Università degli Studi di Napoli Federico II, 2014.
7. EISELT, H.A., MARIANOV, V. *Foundations of location analysis*. Springer, 2011.

Date despre autori:

Radu BUZATU, doctor în științe matematice, lector universitar, Universitatea de Stat din Moldova, Facultatea de Matematică și Informatică.

E-mail: radubuzatu@gmail.com

Cristina RABEI, expert în dezvoltarea proiectelor, Institutul de Dezvoltare Urbană.

E-mail: cmoisei@yahoo.com

Mihai ROȘCOVAN, doctor în economie, președinte Business Consulting Institute.

E-mail: mihai.roscovan@gmail.com

Prezentat la 08.07.2018