مهندسی بیوسیستم ایران، دورهٔ ۴۵، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۳ (ص ۱۱۲-۱۰۵)

بهینه‌سازی حجم عملیات تسطیح اراضی به روش حداقل مربعات و مقایسه با الگوریتم ژنتیک والگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات

ایشام الزعبی[1*]، علی رجبی‌پور[2]، حجت احمدی[3]، فرهاد میرزایی[4]

۱. دانشجوی دکتری گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲. استاد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳. دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۴. استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی ، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۱۳- تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۷/۲۷)

چکیده

زمین تحت کشت باید دارای شیب مناسب در جهت طولی و عرضی باشد تا یکنواختی توزیع آب تأمین شود و از هدررفت آب و نیز فرسایش خاک زراعی جلوگیری شود. از آنجا که عملیات تسطیح بسیار پرهزینه است، هدف از عملیات تسطیح، ایجاد شیب مناسب به‌منظور توزیع یکنواخت آب در زمین ناهموار و ایجاد صفحهٔ تسطیح به‌گونه ای است که تسطیح زمین با حداقل مقدار حجم عملیات خاکی صورت پذیرد. در این تحقیق مشخصات صفحهٔ تسطیح زمین زراعی با استفاده از الگوریتم مدل‌سازی‌شده و نتایج به‌دست‌آمده با روش حداقل مجموع مربعات مقایسه شد. تحلیل آماری و توصیفی نتایج نشان داد که استفاده از الگوریتم ژنتیک (و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذراتPSO) برای تعیین مشخصات تسطیح در مقایسه با روش حداقل مجموع مربعات دقت و کارایی بیشتری دارد و اعمال محدودیت‌های تسطیح مانند حداکثر عمق خاک‌برداری در این روش ساده‌تر صورت می‌پذیرد. مقایسهٔ این دو روش نشان داد که استفاده از الگوریتم ژنتیک مقدار حجم عملیات خاکی را با درنظرگرفتن سایر الزامات طراحی صفحهٔ تسطیح (شیب‌های طولی و عرضی) به میزان ۲۰ و ۱۷/۵ درصد کاهش داده است. حجم خاک‌برداری و خاکریزی در الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات در مقایسه با الگوریتم ژنتیک حجم کمتری حاصل کرد.

کلید واژگان: ازدحام ذرات، الگوریتم، تسطیح، حداقل مجذور مربعات، ژنتیک.

مقدمه

تسطیح اراضی فرایندی از آماده‌سازی و اصلاح (مانند تغییر نیمرخ) سطح زمین به منظور تهیهٔ سطحی مناسب برای کشت محصولات است. تسطیح اراضی معمولاً نیاز به برش مناطق مرتفع و پرکردن نقاط پست دارد، به عبارت دیگر، تسطیح حذف ناهمواری‌های زمین برای ایجاد سطحی صاف است. تسطیح اراضی سطح مناسبی را برای کنترل جریان آب، جلوگیری از فرسایش خاک، و ایجاد سطح زهکشی بهتر ایجاد می‌کند (Ebne-Jalal, 2002). از عوامل مهمی که در زمینهٔ امکان بهره وری از اراضی غیر قابل کشت، برای کشت و نیز افزایش بهره‌وری از زمین های قابل کشت فعلی نقش عمده‌ای دارد، تسطیح اراضی است. تسطیح اراضی از فاکتورهای مهم در افزایش بهره‌وری آب و استفاده از ماشین آلات است و موجب افزایش راندمان محصول می شود. فاکتورهای مهم در تسطیح اراضی شامل مشخصات خاک، توپوگرافی، الگوی کشت، روش‌های کشت، و مشخصات بارش است (Ebne-Jalal, 2002). در عملیات تسطیح اراضی دو هدف دنبال می شود که به‌ترتیب عبارت اند از: الف. ایجاد شیب مناسب برای تأمین آبیاری و زهکشی در زمین ناهموار، و ب. تسطیح زمین با شرایط مناسب که مقدار حجم عملیات خاکی (خاک‌برداری و خاک‌ریزی) را به حداقل برساند. (Roshani & Kochakzadeh, 2005) از نظر اقتصادی هدف دوم بیشتر مورد توجه مهندسان و مجریان طرح‌های تسطیح اراضی است چراکه عملیات تسطیح بسیار گران و پرهزینه بوده و انجام آن مستلزم بررسی‌های دقیق از نظر اقتصادی است. افزون بر آن عمق زیاد خاک‌برداری و جابه‌جایی خاک سطحی ممکن است خاک زراعی را تحت تأثیر قرار دهد و حاصلخیزی آن را کاهش دهد (FAO, 1989). در طراحی و اجرای عملیات تسطیح، مهندسان و ناظران باید تمام

* نویسندهٔ مسئول: alzoubi@ut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

نکاتی را که در این عملیات تأثیرگذار هستند مدنظر داشته باشند. برخی از این عوامل تأثیرگذار عبارت اند از: ۱. حداکثر عمق خاک و خصوصیات خاکی که تحت عملیات تسطیح قرار دارد، ۲. شیب زمین، که عملیات تسطیح را تحت تأثیر می‌گذارد و همچنین بر عملیات آبیاری مؤثر است، ۳. ملاحظات اقتصادی، و ۴. تجهیزات قابل دسترس (Roshani & Kochakzadeh, 2005). معمولاً زمین در دو جهت دارای شیب یکنواخت است. یکی در جهت آبیاری (شیب طولی) و دیگری در جهت عمود برآن (شیب عرضی).

امروزه تسطیح زمین برای نیل به صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری و افزایش کمّیت و کیفیت محصولات زراعی و نیز افزایش سطح زیر کشت ضروری به نظر می‌رسد. به‌دلیل اهمیت این موضوع در چند دههٔ گذشته امر تسطیح با پیشرفت‌هایی مانند استفاده از تکنولوژی لیزر و تجهیزات پیشرفته همراه بوده است. در زمینهٔ تسطیح اراضی و روش‌های انجام تسطیح و نیز انرژی مصرفی در این عملیات مطالعات اندکی انجام شده است که در ادامه به برخی از این مطالعات اشاره می‌گردد (Modarres & Shams, 2001). Canzanescu *et al.* (2010) در تحقیق خود به ایجاد روشی با اسکن همزمان زمین توسط لیزر و کنترل ماشین تسطیح پرداختند. هدف اصلی تحقیق آنها شامل تسطیح برای ایجاد شیب مناسب برای رواناب و انتخاب نقاط خاکبرداری و خاکریزی در دامنه‌های مناسب برای به‌حداقل‌رساندن فاصلهٔ حمل‌ونقل و حجم خاک انتقال یافته بود. برای پردازش داده‌ها و تولید مدل سه‌بعدی براساس اطلاعات جمع‌آوری و پردازش آنها، از روش‌های کاربردی مدرن مانند GISو CAD، و به‌منظور تعیین شیب از روش حداقل مجموع مربعات استفاده شد (Dauda & Baiyeri, 2011). برای محاسبهٔ میزان خاکبرداری و خاکریزی زمین زراعی از سامانهٔ GIS استفاده شد. آنها ابتدا از سیستم GPS برای برداشت اطلاعات پستی و بلندی سطح زمین استفاده کردند و با استفاده از ورود اطلاعات به GIS، حداقل میزان جابه‌جایی خاک برای تسطیح را بررسی کردند. طبق گزارش آنها در منطقهٔ مورد نظر به‌طور متوسط در هر هکتار ۲۳۶ متر مکعب خاک در هکتار، جابه‌جا شد. (Modarres & Shams 2001) مدل جدیدی برای بهینه‌سازی تسطیح اراضی شامل صفحهٔ تسطیح با شیب‌های طولی و عرضی متفاوت را پیشنهاد کردند. آنها همچنین دریافتند که مدل توسعه‌داده‌شده بهترین صفحه برای تسطیح زمین طبیعی با کمترین حجم خاکریزی و خاکبرداری را پیشنهاد می‌کند. روش آنها روش به‌گزینی (heuristic methods) یا روش سعی و خطا بود که این روش در مقایسه با روش‌های برنامه‌ریزی خطی و غیر خطی نتایج دقیق‌تری داشت. (Zhand & Wright, 2004) برای بهینه‌سازی تعیین قطعات کوچک از منطقهٔ بزرگ و تعیین استراتژی بهینه برای خاک‌برداری و خاک‌ریزی زمین، استفاده از روش‌های مانند GIS، CAD، و GPS را پیشنهاد دادند. آنها الگوریتمی محاسباتی با برنامه‌نویسی عددی چندهدفه[1] پیشنهاد دادند که بهینه‌ترین روش تسطیح را ارائه می‌داد. (Watkins *et al*., 2006) در تحقیق‌شان ارزیابی هزینه‌های تسطیح مزارع برنج با استفاده از اجارهٔ سفارشی یا ماشین‌ها و تجهیزات متعلق به شرکت کرایه در حجم‌های گوناگون خاک در هر هکتار انجام دادند. در تحقیقی هزینه‌های تسطیح مزارع برنج با ماشین‌آلات اجاره‌ای و ماشین‌آلات متعلق به شرکت را ارزیابی کردند. نتایج آنها حاکی از برتری روش اجارهٔ سفارشی در مقایسه با ماشین‌آلات متعلق به شرکت در حجم جابه‌جایی خاک کمتر از $yard^3/acre$ ۱۴۲بود. همچنین آنها دریافتند که در حجم‌های بین $yard^3/acre$ ۱۴۲-۲۱۵ اجارهٔ ماشین‌ها مقرون به صرفه‌تر است. برای طراحی بهینهٔ شبکهٔ جمع‌آوری فاضلاب از روش PSO استفاده کردند. (Watkins *et al*., 2006) و نتیجه گرفتندکه این روش در مقایسه با روش برنامه‌ریزی دینامیک[2] برتری دارد.

همان طور که بیان شد، عملیات تسطیح بسیار گران و پرهزینه است و ارائهٔ راهکاری برای بهینه‌سازی و کاهش هزینه‌های آن ازطریق کاهش حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق با استفاده از توانایی الگوریتم ژنتیک و برنامه‌نویسی محیط متلب، صفحهٔ تسطیح برای به‌حداقل‌رساندن حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی با درنظرگرفتن شیب‌های طولی و عرضی توصیه‌شده برای آبیاری و نیز حداکثر عمق خاک‌برداری مدل‌سازی شد و در پی آن مشخصات صفحهٔ تسطیح و نقاط ارتفاعی زمین زراعی وارد GIS شد و حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی محاسبه شد. سپس نتایج حاصل با نتایج به‌دست‌آمده از روش حداقل مجذورات مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

با توجه به اهمیت مسئلهٔ تسطیح، روش‌هایی برای این امر طراحی و پیشنهاد شده است. اساس همهٔ این روش‌ها طراحی شیبی مناسب و آسان (از نظر اجرایی) برای صفحهٔ تسطیح است که بهترین برازش را بر نقاط طبیعی زمین (قبل از تسطیح)

1. Multiobjective integer programming model
2. Dynamics

Archive of SID

www.SID.ir

داشته باشد. برخی از این روش‌های توسعه‌داده‌شده شامل: ۱. روش حداقل مجذور مربعات (Chugg *et al.*, 1947)، ۲. روش نیمرخ میانگین (Butler, 1961)، ۳. روش مرکز حجم ثابت (Raju, 1960)، و ۴. روش باقیمانده‌های متقارن (Shih, and Kriz, 1971) هستند. پس از ورود داده‌ها در GIS، توسط توابع درون‌یاب موجود به‌صورت شبکه‌بندی مثلثی (TIN)[1] سایر نقاط محاسبه می‌شود و از این نقاط نیز مقادیر حجم‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی محاسبه می‌گردند.

از میان روش‌های فوق، روش حداقل مجذور مربعات متداول‌تر است و در بسیاری از طرح‌ها و پژوهش‌ها استفاده شده است. (Dauda & Baiyeri, 2011) روش حداقل مجذور مربعات شیب‌های طولی و عرضی صفحهٔ تسطیح را طوری تعیین می‌کند که حداقل حجم عملیات خاکی برای تسطیح زمین لازم باشد. مطابق این روش چنانچه از میان تعدادی نقطه در فضا یک صفحهٔ مسطح به‌ترتیبی عبور کند که مجموع مربعات فواصل عمودی نقاط تا صفحه حداقل گردد، صفحهٔ مزبور بهترین صفحه برای نمایش رابطهٔ خطی بین ارتفاع و طول و عرض این نقاط است. به عبارت دیگر این صفحه بیش از هر صفحهٔ دیگری به نقاط نزدیک است. نحوهٔ تعیین شیب‌های طولی و عرضی در این روش به قرار زیر است(Moddares & Shams, 2001):

$$h'_{x,y} = h_{o,o} + s_x(x) + s_y(y) \qquad \text{(رابطهٔ ۱)}$$

در رابطهٔ کلی یک سطح $h'_{x,y}$ ارتفاع هر نقطه از سطح به طول x و عرض y، $h_{o,o}$ ارتفاع مبدأ مختصات روی سطح و Sx و Sy به‌ترتیب شیب‌های سطح در جهت X و Y هستند. اگر ارتفاع نقاط قبل از تسطیح را با h و فاصلهٔ این نقاط تا صفحهٔ تسطیح را با e نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$h = h_{o,o} + s_x(x) + s_y(y) \pm e \qquad \text{(رابطهٔ ۲)}$$

با بسط و ساده‌سازی معادلهٔ ۲ برحسب مقدار فاصله نقاط تا صفحهٔ تسطیح (e) در نهایت دو رابطهٔ ۳ و ۴ به‌دست می‌آید:

(رابطهٔ ۳)

$$S_x\left[(\sum x^2) - N X_c\right] + S_y\left[(\sum xy) - N X_c Y_c\right] = (\sum xh) - N X_c H_c$$

(رابطهٔ ۴)

$$S_y\left[(\sum y^2) - N Y_c\right] + S_x\left[(\sum xy) - N X_c Y_c\right] = (\sum yh) - N Y_c H_c$$

X_c و Y_c و H_c به‌ترتیب طول، عرض، و ارتفاع مرکز ثقل سطح هستند.

با حل هم‌زمان معادلات ۳ و ۴ در یک دستگاه دو معادله دو مجهول، مقادیر S_x و S_y حاصل می‌گردد. این مقادیر برای صفحهٔ تسطیح بهترین شیب‌ها در جهت‌های طولی و عرضی است (Moddares & Shams, 2001).

در تحقیق حاضر بخشی از زمین زراعی شبکهٔ آبیاری و زهکش ویس واقع در ۳۱۰۲۸ و مساحت ۲۰ هکتار ۴۸۰۵۳ . ۴۲. و. ۲۹ در شمال شرق اهواز با مختصات جغرافیایی به طول و عرض انتخاب شد. نقشه‌برداری انجام‌شده در زمین زراعی با مقیاس ۱:۵۰۰ صورت پذیرفت . دستگاه مورد نقاط z و y ، x استفاده جهت نقشه برداری توتال استیش می باشد . خروجی دستگاه توتال استیشن مختصات مطابق مقیاس نقشه برداری (۱:۵۰۰) به فاصله حدود ۵۰ متر روی سطح زمین یک نقطه با دستگاه توتال استیش برای انجام عملیات دقیقتر در روش های GIS برداشت شده است . با تهیه اطلاعات نقاط و استفاده از نرم افزار سپس محاسبه وأمده بدست افزار نرم این دریابی میان از استفاده با میانی نقاط مختصات ابتدا شده. استفاده حجم عملیات خاکبرداری و خاکریزی . به سه روش حداقل مجذور مربعات، الگوریتم ژنتیک، والگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات انجام شد. توضیح اینکه داده‌برداری نیز مستقیماً با اندازه‌گیری نقاط ارتفاعی سطح زمین قبل از شروع عملیات تسطیح در حین مراحل تسطیح و بعد از رسیدن به شیب مطلوب انجام شد. الگوریتم ژنتیک (GA) تکنیکی در برنامه‌نویسی است که از تکامل ژنتیکی به‌عنوان الگوی حل مسئله استفاده می‌کند (Sarmadian & Mirzaei, 1999). در این روش پس از تعریف تابع هدف مورد نظر و تعیین محدودیت‌ها، مقدار بهینهٔ آن به‌دست می‌آید. همان‌طور که بیان شد اساس همهٔ این روش‌ها طراحی شیبی مناسب و آسان (از نظر اجرایی) برای صفحهٔ تسطیح است که بهترین برازش را بر نقاط طبیعی زمین (قبل از تسطیح) داشته باشد.

$$\min F = \min \sum T_c + T_f \qquad \text{(رابطهٔ ۵)}$$

در این رابطه T_c و T_f به‌ترتیب مقادیر حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی هستند. با توجه به هزینه و انرژی صرف‌شده برای انجام عملیات خاک‌برداری و خاکریزی، از انرژی و هزینهٔ صرف‌شده برای خاک‌ریزی در مقابل خاک‌برداری صرف نظر گردید (۱۴) و رابطهٔ ۶ به صورت زیر نوشته شد:

$$\min F = \min \sum T_c \qquad \text{(رابطهٔ ۶)}$$

قیود استفاده‌شده در برنامه‌نویسی الگوریتم ژنتیک شامل حداقل و حداکثر شیب‌های طولی، عرضی، و نسبت حجم

1. Training Network Of Triangle

Archive of SID

www.SID.ir

خاکبرداری به خاکریزی است. عمق مجاز خاک زراعی نیز جزء قیود صفحه است.

$$R = \frac{V_C}{V_F}$$ (رابطهٔ ۷)

که یکی از قیدهای لازم این است که نسبت حجم خاکبرداری به خاکریزی در محدودهٔ ۱,۴-۱,۲باشد.

$$1.2 < R = \frac{V_C}{V_F} < 1.4$$ (رابطهٔ ۸)

بنابراین با استفاده از نقاط ارتفاعی زمین (شکل ۱-الف)، بهترین صفحه (شکل ۲-ب) به‌گونه‌ای بر این نقاط برازش داده شد که حداقل حجم عملیات خاکی برای ایجاد شیب‌های مناسب برای آبیاری صورت پذیرد. پس از ورود داده‌ها در الگوریتم، مقادیر ضرایب ثابت صفحهٔ تسطیح تعیین شدند. ارتفاع نقاط و مشخصات صفحهٔ تسطیح در نرم‌افزار GIS وارد شد و مقادیر حجم خاکبرداری و خاکریزی محاسبه گردید. با شبیه‌سازی صفحهٔ تسطیح در الگوریتم ژنتیک[1] و الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات[2] نقاط این صفحه ازطریق نرم‌افزار اکسل وارد محیط GIS گردید (Sarmadian & Mirzaei,1999). با بالا و پایین‌بردن صفحه پس از ورود داده‌ها در GIS، به وسیلهٔ توابع درون‌یاب موجود به‌صورت شبکه‌بندی مثلثی (TIN) سایر نقاط ا محاسبه شد و از این نقاط نیز مقادیر حجم‌های خاکبرداری و خاکریزی محاسبه می‌شوند.

شکل۱. نقاط ارتفاعی زمین (ب) قبل از تسطیح، (الف) پس از تسطیح

الگوریتم بهینه‌سازی PSO، برای حل انواع گوناگونی از مسائل استفاده می‌شود. این الگوریتم در حل مسائل پیچیده که چندین جواب بهینه دارند، مناسب است (Beheshtitabar *et al.* 2010) و در این تحقیق برای برآورد بهینهٔ حجم عملیات خاکی استفاده شد. برای برآورد حجم عملیات خاکی از صفحهٔ مسطح با دو شیب یکنواخت در جهت‌های طولی و عرضی (صفحه با رابطهٔ ۹) استفاده گردید. الگوریتم PSO، مسئلهٔ بهینه‌سازی حجم عملیات خاکی را با جستجوی مقادیر a_0 و a_1 و a_2 برای صفحهٔ تسطیح به‌گونه‌ای محاسبه می‌کند که حجم این عملیات حداقل گردد.

$$Z = a_0 + a_1 X + a_2 Y$$ (رابطهٔ ۹)

که در آن Z ارتفاع، X طول، Y عرض نقاط، و a ضرایب ثابت معادلهٔ صفحه هستند به‌طوری که حجم عملیات خاکی حداقل گردد. با توجه به اینکه برداشت نقاط نسبت به سطح دریا است در این تحقیق تمام محاسبات مختصات نسبت به سطح دریا بود.

نتایج و بحث

همان‌طور که بیان گردید پس از تعیین قیود صفحهٔ تسطیح و مدل‌سازی آن با الگوریتم ژنتیک و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات مشخصات صفحهٔ مذکور حاصل گردید. که حداکثر عمق خاکبرداری با توجه به خاک زراعی موجود تعیین گردید. بیشترین و کمترین مقدار این پارامترها با توجه به شیب و نسبت خاکبرداری به خاکریزی (۱/۴-۱/۲) توصیه‌شده در منابع آبیاری و زهکشی انتخاب گردید Sarmadian & Mirzaei, (1387) با تغییر در مقادیر قیود پیشنهادی، مشخصات صفحهٔ تسطیح تغییر می‌یابد، این روند تا رسیدن به حداقل حجم خاکبرداری و خاکریزی و شیب‌های مناسب و نیز نسبت قابل قبول خاکبرداری به خاکریزی ادامه دارد (شکل ۲). با تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از مدل‌سازی الگوریتم ژنتیک وPSO (الگوریتم ازدحام ذرات) و روش متداول حداقل مجموع مربعات مقادیر حجم خاکبرداری و خاکریزی در بهترین برنامه‌ریزی برای هر سه روش مطابق جدول ۱ به‌دست آمد. طبق این جدول نسبت خاکبرداری به خاکریزی در بهترین شرایط برای روش

Archive of SID

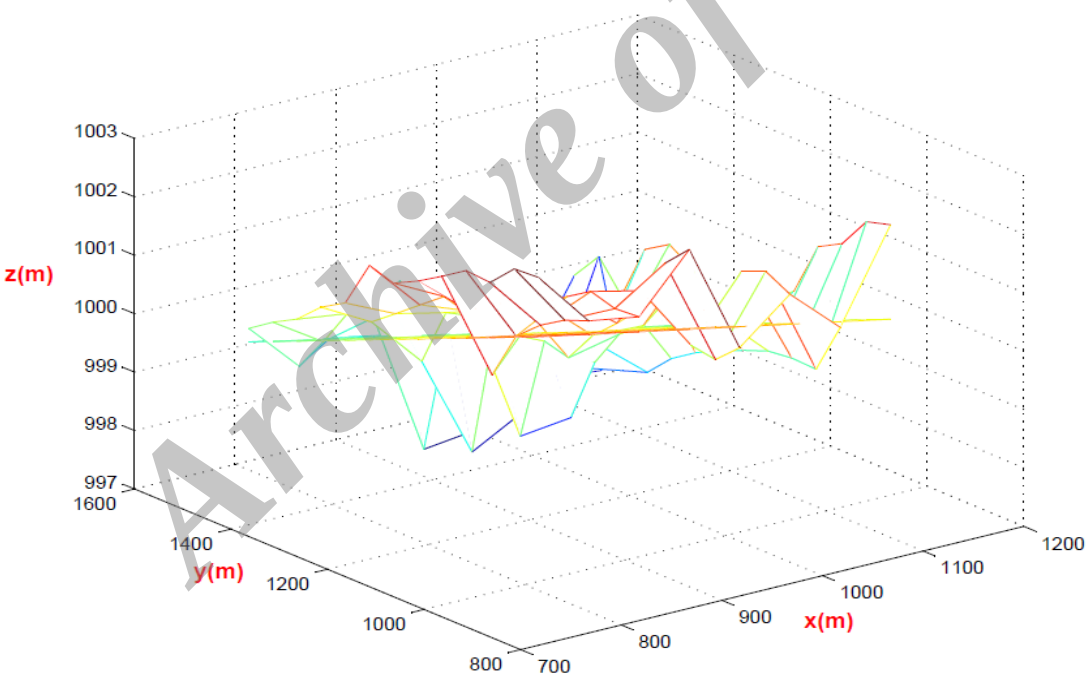
www.SID.ir

الگوریتم ژنتیک و PSO و روش مربعات به‌ترتیب برابر ۱/۳۶ و۱/۳۸ و ۱/۲۶ به‌دست آمد. بنابراین کارایی الگوریتم ژنتیک و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO برای مدل‌سازی صفحهٔ تسطیح در مقایسه با روش حداقل مجموع مربعات بیشتر است. همچنین با قراردادن قید حداکثر عمق خاک‌برداری در روش الگوریتم ژنتیک و روش PSO تعداد بسیار اندکی از نقاط (۱۱ نقطه از ۱۰۱۰ نقطه، ۱ درصد در الگوریتم ژنتیک ۸ نقطه از ۱۰۱۰ نقطه ۱ درصد نقطه در PSO) دارای عمق خاک‌برداری بیشتر از حداکثر عمق خاک‌برداری بودند. این در حالی است که در روش حداقل مجموع مربعات اجرای محدودیت حداکثر عمق خاک‌برداری امکان‌پذیر نبود و تعداد بیشتری از نقاط (۱۵۳ نقطه از ۱۰۱۰، ۱۵ درصد) دارای عمق خاک‌برداری بیشتر از حداکثر عمق آن بودند. نتایج حاصل از هر سه روش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. خلاصهٔ نتایج حاصل از مدل بهینه‌سازی و تسطیح زمین

روش تسطیح	S_X	S_Y	$H_{o,o}^{(1)}$ (m)	خاکبرداری (m^3)	خاکریزی (m^3)	$R=\frac{V_C}{V_F}$	نقاطی که عمق خاکبرداری رعایت نشده است
حداقل مجذورات	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۲۶	۱۰۰۶/۳۶	۲۱۴۰	۱۶۹۷	۱/۲۶	۱۵۳
الگوریتم ژنتیک	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۳۴	۱۰۰۶/۴	۱۷۹۴	۱۳۱۴	۱/۳۶	۱۱
الگوریتمPSO	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۳۴	۱۰۰۶/۴	۱۵۲۳	۱۱۰۱	۱/۳۸	۸

(۱) ارتفاع مرکز ثقل زمین



شکل۲. برازش صفحهٔ تسطیح با الگوریتم ژنتیک در محیط متلب

در ادامهٔ مدل‌سازی صفحهٔ تسطیح با دو روش الگوریتم ژنتیک و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات در این تحقیق و نیز مدل‌های خاکبرداری و خاکریزی که در محیط GIS شبیه‌سازی شده، در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.که در شکل ۳-الف مدل‌سازی محدودهٔ خاکبرداری و خاکریزی به‌طریق الگوریتم ژنتیک است. و در شکل ۳-ب به‌روش حداقل مجذور مربعات ملاحظه می‌شود. روند کلی صفحات تسطیح شبیه به هم است ولی عرض صفحات تسطیح در روش ژنتیک کوچکتر است. محدوده‌های با شیب کمتر در یک کلاس قرار گرفته‌اند و طبیعی است که حجم خاکبرداری کمتری حاصل شود.

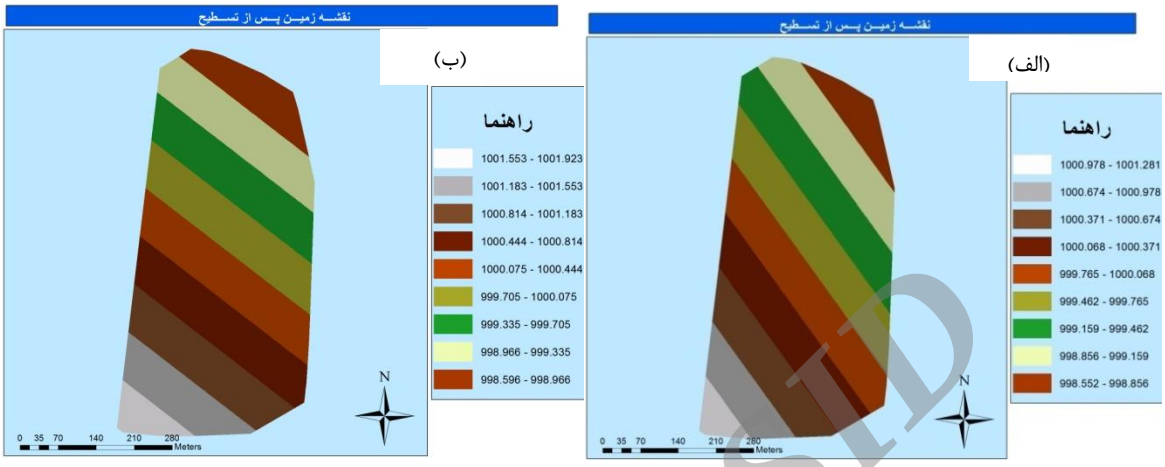
لازم به ذکر است که در محاسبهٔ حجم عملیات خاکی در GIS از شبکه‌بندی مثلثی استفاده شد. استفاده از این روش شبکه‌بندی افزون بر پوشش تمام نقاط زمین، در مقایسه با

Archive of SID

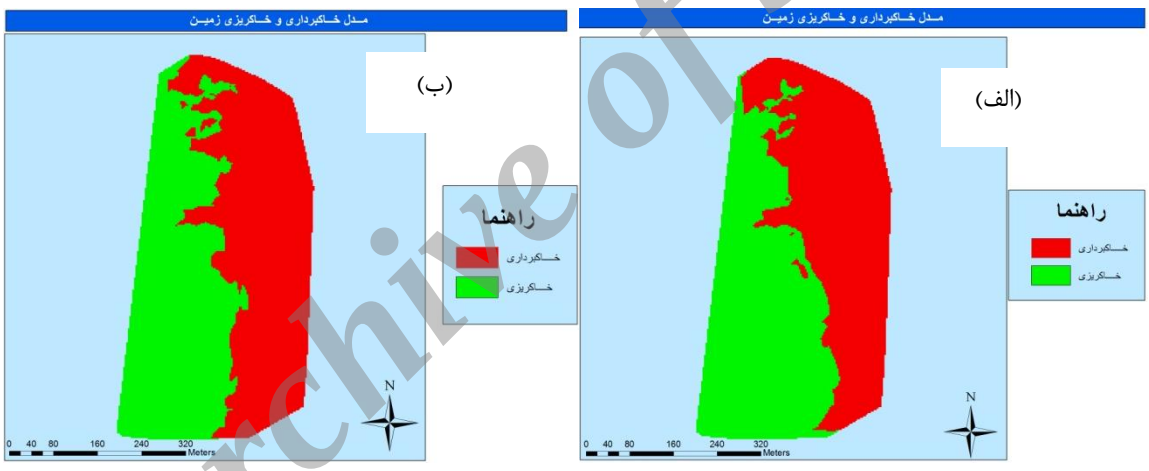
www.SID.ir

روش‌های دیگر محاسبهٔ حجم عملیات خاکی خطای کمتری دارد (Sarmadian & Mirzaei, 1999).

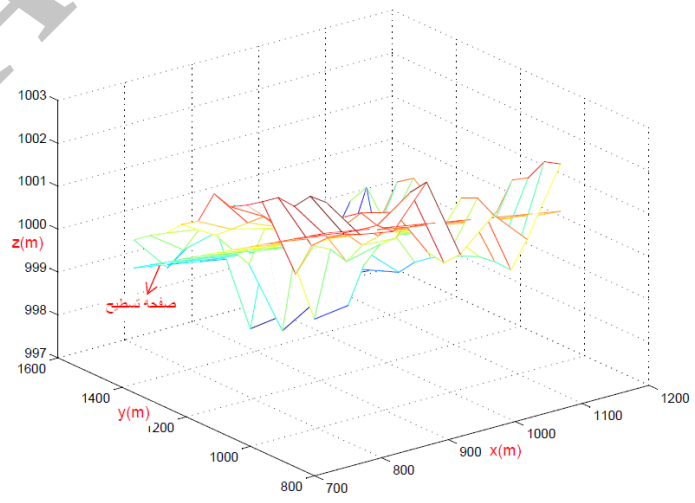
در ادامه مدل‌سازی صفحهٔ تسطیح با دو روش به‌کاررفته در این تحقیق و نیز مدل‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی که در محیط GIS شبیه‌سازی شده، در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است.



شکل ۳. مدل‌سازی محدودهٔ خاک‌برداری وخاک‌ریزی: الف. الگوریتم ژنتیک، و ب. روش حداقل مجموع مربعات



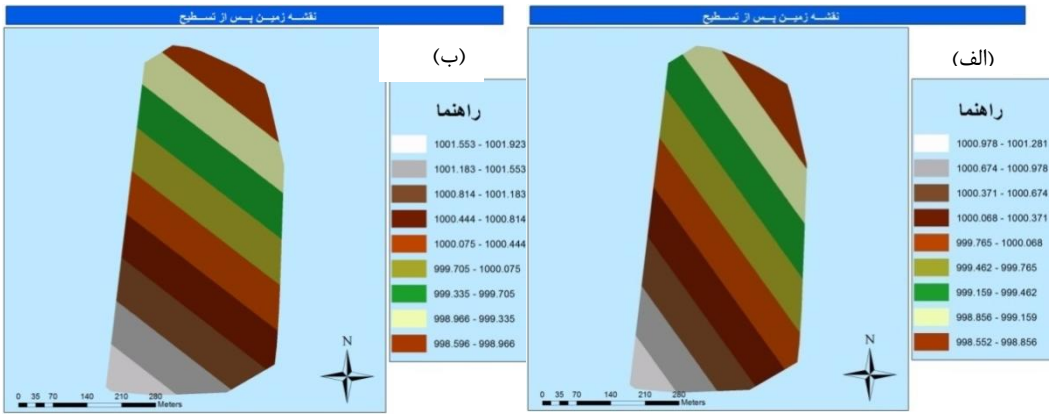
شکل ۴. مدل‌سازی محدودهٔ خاک‌برداری وخاک‌ریزی: الف. الگوریتم ژنتیک، و ب. روش حداقل مجذورات



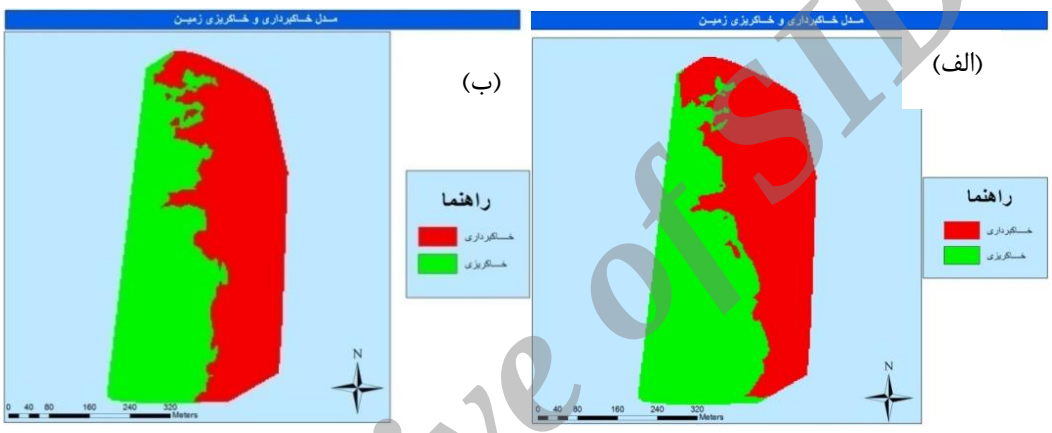
شکل ۵. برازش صفحهٔ تسطیح با الگوریتم PSO در محیط متلب

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۶. مدل‌سازی زمین پس از تسطیح: الف. الگوریتم PSO، و ب. روش حداقل مجموع مربعات



شکل ۷. مدل‌سازی محدودهٔ خاک‌برداری و خاک‌ریزی: الف. الگوریتم PSO، و ب. روش حداقل مجذورات

در انتها بهینه‌سازی حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی به سه روش محاسباتی با تئوری قوی و الگوریتم مخصوص که معیار و ملاک همهٔ آنها برآورد مقدار خاک‌برداری بهینه به‌صورتی که نسبت خاک‌برداری به خاک‌ریزی در محدودهٔ ۱/۲ تا ۱/۴ باشد و بهترین شیب تسطیح حاصل شود، انجام شد و خلاصهٔ نتایج در جدول ۱ آمده است و تجزیه و تحلیل با توجه به مقادیر حاصل به‌سادگی امکان‌پذیر است که در بخش نتایج تشریح شده است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از برنامه‌نویسی الگوریتم ژنتیک و PSO در محیط متلب اقدام به مدل‌سازی صفحهٔ تسطیح زمین زراعی گردید و نتایج حاصل با روش حداقل مجموع مربعات مقایسه شد. مهم‌ترین نتایج به‌دست‌آمده به‌شرح زیر است:

۱. الگوریتم‌های ژنتیک و PSO کارایی مناسبی برای مدل‌سازی صفحهٔ تسطیح در مقایسه با روش متداول حداقل مجموع مربعات دارد. استفاده از روش‌های پیشنهادشده در الگوریتم ژنتیک و PSO در مقایسه با روش حداقل مجموع مربعات موجب کاهش ۲۰ و ۱۷/۵ درصدی حجم عملیات خاکی گردید. همچنین نتایج نشان داد که حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی در روش PSO در مقایسه با دو روش دیگر کمتر است.

۲. ایجاد محدودیت ها و قیود در تسطیح از جمله حداکثر عمق خاک‌برداری و نسبت خاک‌برداری به خاک‌ریزی بسیار اهمیت دارد و در روش‌های پیشنهادی به‌سادگی امکان‌پذیر است.

۳. برآورد مشخصات صفحهٔ تسطیح به‌شدت تابع بیشترین و کمترین مقدار ورودی شیب های صفحه بوده است و از روش سعی و خطا بهترین ترکیب ورودی این پارامترها انتخاب گردید.

۴. توانایی های GIS در برآورد حجم عملیات خاکی با کمک توابع موجود در این نرم‌افزار و نمایش گرافیکی آن امکان مقایسه و تجزیه و تحلیل نتایج را به‌سادگی فراهم کرده است.

Archive of SID

www.SID.ir

REFERENCES

Sarmadian, F. & Mirzaei, F. (1999). *Land Leveling*. Iran Ministry of Education Publication. Tehran, Iran.

Roshani, A. & Kochakzadeh, S. (2005). Assessing production method of level Cad. *In Workshop of Modeling in Irrigation*, Isfahan, Iran.

Butler, E.D. (2004). The land leveling program in Arkansas delta. *Agricultural Engineering* 3, 128-131.

Canzanescu, S. Mihai, D. & Mudura, R. (2010). Modern technology for land levelling, based on a 3D scanner. *Research Journal of Agricultural Science* 42, 471- 478.

Chao, K.W. (2006). Particle Swarm Optimization training algorithm for ANNs in stage prediction of Shingmun river. *Journal of Hydrology* 329, 363-367.

Chugg, G.E. (1947). Calculations for land grading. *Agricultural Engineering* 10, 461-463.

Dauda, K.A. & Baiyeri, M.R. (2001). Assessment of cut and fill volume for irrigated agriculture using GIS-LMS. *Oasis Journal of Research and Development* 1, 28-39.

Demir, A.O., Gundogdu, K.S. & Demirtas, C. (2008). Determination of cut and fill volumes in land levelling projects using geographical information system. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 21, 34-39.

Food and Agriculture Organization (FAO). (1989). Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. FAO, Ir. and Drainage Papers, No 45. Roma, Italy.

Givan, C.V. (1940). Land grading calculations. *Agricultural Engineering* 21, 11-12.

Kennedy, J. & Eberhart, R. (1995). Particle swarm optimization. Proceedings of *International Conference on Neural Networks*, IEEE Service Center, Piscataway. Perth, Australia, pp.1942-1948.

Meraji, S.H., Afshar M.H. & Afshar. A. (2005). Reservoir operation by particle swarm optimization algorithm. *7th International Conference of Civil Engineering* 27 Apr., ICCE. Tehran, Iran.

Modarres, M. & Shams, H. (2001). New models for land leveling optimization. *Proceedings of the First National Industrial Engineering Conference* Tehran, Iran.

Montalvo, I. Izquierdoa, J., Pereza, R. & Tungb M.M. (2008). Particle swarm optimization applied to the design of water supply systems. *Computers and Mathematics with Applications* 56, 769–776.

Raju, V.S. (1960). Land grading for irrigation. *Transactions of the ASAE* 3, 38-41.

Scaloppi, E.J. & Willardson, L.S. (1986). Practical land grading based on least squares. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 112, 98-109.

Shih, S.F. & Kriz, G.J. (1971). Symmetrical residuals method for land forming design. *Transactions of the ASAE* 14, 1195-1200.

Beheshtitabar, I., Keyhani, A.R. & Rafiee, S. (2010). Energy balance in Iran's agronomy (1990-2006). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 849-855.

Smerdon, E.T., Tefertiller, K.R., Kilmer, R.E. & Billingsley, R.V. (1966). Electronic computers for least-cost land-forming calculations. *Transactions of the ASAE* 9, 190-193.

Thankappan, S., Midmore, P. & Jenkins, T. (2006). Conserving energy in smallholder agriculture: A multi-objective programming case-study of northwest India. *Ecological Economics* 56,190-208.

Watkins, K.B. Hill, J.L. & Anders, M.M. (2006). Evaluating the costs of precision-leveling rice fields. *AAES Research Series*, 411-416.

Zhand, Y. & Wright, J.R. (2004). Global optimization of combined region aggregation and leveling model. *Journal of Computing in Civil Engineering* 18, 154-161.

Archive of SID

www.SID.ir