

# شبیه‌سازی جریان آرام در ریز مجاری قطره چکان‌ها با استفاده از نرم‌افزار FLOW3D

حجت الله ساقی<sup>۱</sup>، مهدی دلقندی<sup>۲</sup>، سعید برومند نسب<sup>۳</sup>

۱- کارشناسی ارشد شرکت آب و خاک کشور

۲- گروه آبیاری و زهکشی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

۳- گروه آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۴/۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۶/۱۰

## چکیده

قطره چکان‌ها، مهمترین بخش سیستم آبیاری قطره ای می باشند. بنابراین کیفیت قطره چکان‌ها نقش تعیین کننده‌ای در کارایی یک سیستم آبیاری قطره ای دارد. از طرفی تولید قطره چکان مناسب بر هزینه و مشاهده جریان داخل مجاری آن‌ها به دلیل ریزی و پیچیده بودن آن‌ها غیر ممکن می باشد. در این تحقیق جریان داخل قطره چکان‌ها توسط نرم افزار FLOW3D شبیه سازی گردید. بدین منظور سه نوع قطره چکان با کدهای A، B و C انتخاب و تخریب شدند و اندازه مجاری آن‌ها با عکس برداری توسط میکروسکوپ الکترونی (SEM)، تعیین گردید. برای حل جریان از مدل آرام استفاده گردید و رابطه دبی-فشار به دست آمد. نتایج حاصل از نرم افزار با داده های آزمایشگاهی مقایسه گردیدند و مشخص شد مقدار خطای متوسط پیش بینی دبی مدل برای قطره چکانهای A و B بسیار اندک و در حدود ۲ درصد و برای قطره چکان C، این مقدار عددی حدود ۱۲ درصد می باشد. که نشان دهنده تطابق مناسب داده های به دست آمده از شبیه سازی با داده های آزمایشگاهی می باشد.

واژه های کلیدی: قطره چکان، نرم‌افزار FLOW3D، شبیه سازی، مدل آرام،

## مقدمه

اصلاح شده تولید می‌گردد این روند زمان بر و پرهزینه می باشد.

از طرفی مشاهده رفتار جریان داخل مجاری قطره چکان به دلیل ساختار پیچیده و اندازه کوچک آن‌ها، امکان پذیر نمی باشد (وی<sup>۱</sup> و همکاران ۲۰۰۴). مدل های رایانه‌ای همچون FLUENT، ANSYS و Flow 3D به دلیل هزینه پایین، سرعت بالا و در اختیار قراردادن اطلاعات کامل می توانند گزینه مناسبی برای کمک به کاهش روند تولید و مطالعه هیدرولیک جریان در قطره چکان‌ها باشند.

وانگ<sup>۲</sup> و همکاران (2006) در تحقیقی با استفاده از مدل ناپایدار و چند فازی VOF به شبیه سازی جریان

قطره چکان‌ها مهمترین بخش سیستم آبیاری قطره ای محسوب می گردند. برای بالابودن کارایی سیستم آبیاری قطره ای، باید قطره چکان‌ها از کیفیت و کارایی بالایی برخوردار باشند. کیفیت و کارایی چکان‌ها به مواد استفاده شده برای ساخت آنها و ساختمان آنها بستگی دارد. در حال حاضر برای ساخت قطره چکان‌های جدید و ارزیابی قطره چکان‌های موجود در بازار، از آزمایشات تجربی کمک گرفته می شود. بدین صورت که قطره چکان پس از ساخت، در آزمایشگاه مورد تست قرار می گیرد و در صورت نامناسب بودن، قالب آن اصلاح و دوباره با قالب

1- wang et al.

2 -wang

CFD انجام دادند و عنوان نمودند که دبی های حاصل از اندازه گیری و شبیه سازی ۱۰ درصد بوده است. از آنجاییکه تا کنون تحقیقی در زمینه شبیه سازی جریان در درون قطره چکان توسط نرم افزار Flow3D انجام نگرفته، لذا در این تحقیق برای شبیه سازی و بررسی رفتار جریان درون مجاری قطره چکان ها از نرم افزار Flow3D استفاده گردید.

### مواد و روش ها

#### انتخاب قطره چکان ها

در این تحقیق با بررسی انواع مختلف قطره چکان های موجود در بازار یک نوع قطره چکان نوار تی تیپ (A) و دو نوع قطره چکان تیپ پلاک دار (B, C) برای مطالعه انتخاب گردید. همانگونه که در اشکال (۱) تا (۳) مشخص است در قطره چکان A آب یک مسیر زیگزاک به طول ۱۸ سانتی متر را طی می کند ولی در مورد قطره چکان های B و C این طول به دلیل معوج بودن مسیر بسیار کوتاه می باشد. طول مسیر جریان آب برای قطره چکان های B و C به ترتیب برابر با ۲۷ و ۲۹ میلیمتر می باشد. برای افزایش دقت تحقیق از هر نوع قطره چکان سه نمونه انتخاب شد و با شماره های ۱ تا ۳ نامگذاری شد سه نمونه قطره چکان A با سه کد A1، A2، A3 و قطره چکان های نوع B و C نیز با کدهای B1، B2، B3 و C1، C2، C3 نامگذاری شدند.

غیر ماندگار در مجاری قطره چکان ها پرداختند. یان<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۷) برای آنالیز تأثیر زاویه دندانه های مجرای قطره چکان ها بر جریان خروجی از قطره چکان ها از دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) استفاده نمودند نتایج نشان داد زوایای بزرگتر دندانه ها، تأثیر زیادی روی افزایش کارایی هیدرولیکی قطره چکان ها دارد. لی و همکاران (۲۰۰۶ الف) در تحقیقی به بررسی تأثیر پارامترهای هندسی مجاری ماریچ قطره چکان ها روی کارایی هیدرولیکی و گرفتگی قطره چکان ها پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که فاصله بین دندانه ها تأثیر معناداری روی مقدار نمای معادله دبی-فشار قطره چکان ها (x) جریان و قابلیت گرفتگی قطره چکان ها نداشتند همچنین مشخص گردید قابلیت گرفتگی قطره چکان ها به مقدار جریان قطره چکان ها بستگی نداشت اما به صورت معناداری تحت تأثیر شکل مجاری قطره چکان ها قرار داشت. لی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۶ ب) در بررسی خصوصیات هیدرولیکی جریان در مسیره های عبور آب قطره چکان ها، به این نتیجه رسیدند که برای دامنه فشار مذکور رابطه کلاسیک دبی فشار مناسب می باشد و عدد رینولدز جریان بین ۱۰۵ تا ۹۳۰ متغیر بود. ضریب تغییرات برای تمامی قطره چکان ها و تمامی فشار ها یکسان بود همچنین عنوان گردید که عدد رینولدز بحرانی برای چنین مجاری کمتر از مجاری معمولی می باشد.

لی و همکاران (۲۰۰۸) تحقیقی در رابطه با ردیابی ذرات درون مجاری ماریچ قطره چکان با استفاده از



شکل ۱- تصویر قطره چکان A

1 -yan

2 -li



شکل ۳- تصویر قطره چکان C

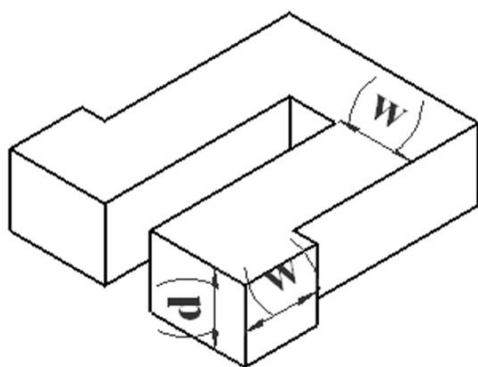


شکل ۲- تصویر قطره چکان B

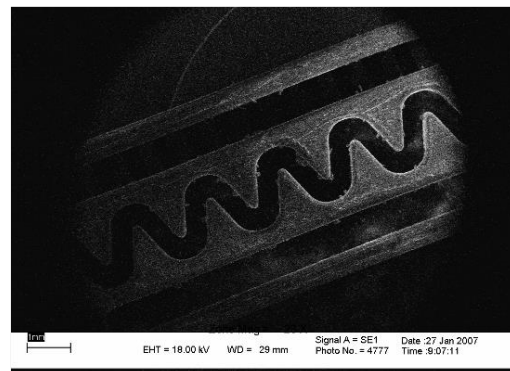
### تعیین دبی قطره چکان ها در آزمایشگاه

برای تعیین رابطه دبی-فشار قطره چکان ها تعدادی آزمایش براساس ضوابط ارائه شده در استاندارد ISO9261 صورت گرفت. بر اساس این استاندارد، ۶ فشار ۲، ۴، ۶/۱، ۹/۲، ۱۲/۲۵ و ۱۶/۳۳ متر ارتفاع آب برای انجام آزمایش انتخاب شدند اعشاری بودن اعداد نیز به دلیل تبدیل واحد بار به متر ارتفاع آب می باشد. برای اعمال فشارهای ۲ و ۴ متر از سیستم فشار ثابت (متشکل از یک بالابر هیدرولیکی مجهز به یک مخزن آب که توانایی ایجاد فشار تا ۵ متر ارتفاع آب را دارد) موجود در آزمایشگاه آبیاری تحت فشار دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز و برای بقیه فشارها از یک الکتروپمپ استفاده گردید. هر آزمایش در سه تکرار انجام و هر تکرار به مدت ۳۰ دقیقه به طول انجامید. مقدار آب خروجی از قطره چکان ها توسط بشرهای مدرج اندازه گیری و دبی قطره چکان ها در فشار های

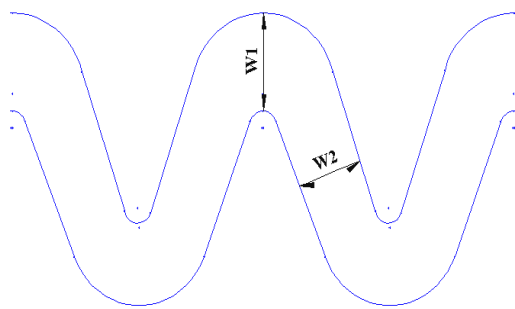
مختلف، با میانگین گیری از نتایج سه تکرار تعیین گردید. این قطره چکان ها تخریب و چندین برش طولی و عرضی از مجاری عبور آب در آن ها تهیه گردید. برای تعیین اندازه مجاری، از برشهای تهیه شده عکسبرداری شد. بدین منظور از میکروسکوپ الکترونی (SEM) موجود در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید چمران اهواز استفاده گردید. با استفاده از این تصاویر مساحت مربوط به مجاری هر قطره چکان و اندازه مجاری هر قطره چکان تعیین گردید. پس از تعیین اندازه مجاری، شکل و هندسه آن ها توسط نرم افزار Solid work ترسیم شد. تصویر و اندازه های مربوط به مجاری در اشکال (۴) تا (۷) و جدول (۱) ارائه گردیده است. که در این اشکال،  $d$  عمق جریان و  $w$  عرض جریان می باشد. همانگونه که در جدول (۱) مشخص می باشد اندازه مجاری دو قطره چکان C1 و C2 و سه قطره چکان B1، B2 و B3 یکسان می باشد.



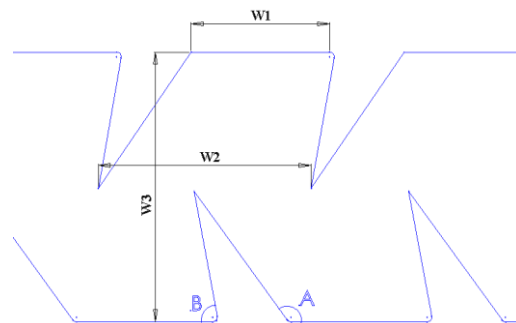
شکل ۵- شکل سه بعدی از یک واحد قطره چکان A



شکل ۴- تصویربرداری از قطره چکان C1 توسط SEM



شکل ۷- شکل دو بعدی از یک واحد قطره چکان B



شکل ۶- شکل دو بعدی از یک واحد قطره چکان A

جدول ۱- ابعاد قطره چکان‌ها

| B (deg) | A (deg) | W3(mm) | W2(mm) | W1(mm) | W (mm) | d(mm) | نوع قطره چکان |
|---------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|---------------|
| —       | —       | —      | —      | —      | ۱/۰۱۴  | ۰/۴۹۱ | A1            |
| —       | —       | —      | —      | —      | ۰/۸۸۹  | ۰/۴۶۴ | A2            |
| —       | —       | —      | —      | —      | ۰/۹۲۶  | ۰/۵۲۹ | A3            |
| ۸۲      | ۱۲۴     | ۱/۷۴۷  | ۱/۳۸۶  | ۰/۹۳۰  | —      | ۰/۶۵۸ | B3 و B2, B1   |
| —       | —       | —      | ۰/۵۶۰  | ۰/۵۱۴  | —      | ۰/۶۲۷ | C1            |
| —       | —       | —      | ۰/۶۲۸  | ۰/۵۳۴  | —      | ۰/۶۲۷ | C3 و C2       |

$$q = kh^x \quad (۵)$$

که  $q$  دبی جریان،  $k$  ضریب معادله دبی،  $x$  نمای معادله دبی و  $h$  فشار می باشد. مقدار  $x$  میزان حساسیت دبی قطره چکان به تغییرات فشار را نشان می دهد. قطره چکان هایی که دارای مقدار  $x$  کمتری باشند مناسب ترند.

### شبیه سازی جریان درون مجاری قطره چکان ها

هندسه مجاری عبور آب پس از ترسیم توسط نرم افزار Solidwork مستقیماً وارد این نرم افزار گردید و مجاری قطره چکان ها به صورت چهار وجهی متعامد شبکه بندی شدند. به منظور مدل سازی با دقت مناسب و کاهش زمان مورد نیاز در اجرای برنامه مقایسه ای بین اندازه شبکه ها صورت گرفت تا مناسبترین اندازه شبکه بندی انتخاب شود. برای رسیدن به این هدف تعدادی از شبیه سازی ها با ۳ اندازه مش ریز، متوسط

### تشخیص رژیم جریان

برای تشخیص رژیم جریان، از عدد رینولدز استفاده می شود با تعیین شعاع هیدرولیکی قطره چکان ها، مقدار عدد رینولدز با فرض مقدار  $\text{kg/m}^3$  برای جرم مخصوص ۹۹۸ و  $\text{kg/m.s}$  برای لزجت در دبی های مختلف (۰/۵۶۰ تا  $\frac{3}{368}$  لیتر بر ساعت)، بین ۵۱ تا ۴۰۱ متغیر می باشد. بر طبق هیدرودینامیک سنتی، برای این بازه از عدد رینولدز، جریان آرام می باشد. بنابراین در این مقاله شبیه سازی جریان با فرض آرام بودن جریان درون قطره چکان ها انجام می گیرد. در این معادلات،  $u$  سرعت جریان،  $p$  فشار،  $x, y$  و  $z$  بردار مکان،  $\rho$  دانسیته سیال و  $\mu$  لزجت می باشد.

### رابطه دبی - فشار

رابطه دبی - فشار توسط معادله ذیل بیان می شود (کلر و بلیسنر، ۱۹۹۰).

### شبکه بندی

جهت انتخاب نوع شبکه بندی، اندازه های مختلف شبکه بندی مورد آزمایش قرار گرفت که در نهایت برای تعیین شبکه بندی به این نتیجه رسیده شد که با توجه به اینکه تفاوت معنی دار بین شبکه های ریز و متوسط دیده نشد و تنها مدت زمان اجرای برنامه را افزایش می داد، برای تمام قطره چکانها ابعاد مشی انتخاب شد که تا حد متوسط ریز و یکنواخت باشد.

### زبری مجرای جریان

زبری، یکی از پارامترهای متغیر جهت واسنجی مدل می باشد. پس از اینکه شبکه بندی مناسب جهت اجرای برنامه مشخص شد، ابتدا برنامه برای یکی از قطره چکانها با زبری صفر اجرا شد. سپس برای همان قطره چکان با همان مشخصات زبری های مختلفی انتخاب و برنامه اجرا شد.

نتایج حاصل از اعمال زبری های مختلف نشان داد که در این قطره چکان اعمال ضرایب مختلف زبری، تاثیر چندانی در نتایج خروجی مدل ندارد و در نهایت برای تمام قطره چکانهای مورد آزمایش، ضریب زبری پلاستیک، یعنی عدد  $0/003$  سانتیمتر در نظر گرفته شود. شرایط مرزی که برای حل عددی مورد استفاده قرار گرفتند عبارت بودند از:

۱- فشار در ورودی قطره چکان ثابت در نظر گرفته شد.

۲- فشار در خروجی قطره چکان به دلیل تخلیه آب به اتمسفر برابر با صفر فرض شد.

۳- بردارهای سرعت در جداره ها صفر در نظر گرفته شد. برای حل مدل همان ۶ فشار ۲، ۴، ۶/۱، ۹/۲، ۱۲/۲۵، و ۱۶/۳۳ متر ارتفاع آب که در آزمایشگاه به قطره چکانها اعمال شدند مورد استفاده قرار گرفتند.

و درشت اجرا شد. در شبکه های ریز مدت زمان اجرای برنامه، به شدت افزایش می یافت در حالیکه جواب نهایی با نتایج حاصل از مش های متوسط تفاوت معنی داری را نشان نمی داد. در نتیجه برای تمام قطره چکانها ابعاد مشی انتخاب شد که تا حد متوسط ریز و یکنواخت باشد.

### معادلات حاکم بر جریان آرام

برای حل جریان آرام از دو معادله پیوستگی و ناویه استوکس استفاده می گردد. در این مسئله با توجه به کمی تاثیر وزن آب در مقایسه با تاثیر فشار آب، از تاثیر وزن آب و همچنین کشش سطحی آب صرف نظر گردید (وی و همکاران ۲۰۰۴). به علاوه آب ماده ای تراکم ناپذیر و جریان به صورت دایمی فرض شد. بردارهای سرعت در جداره ها صفر و فرض عدم لغزش در دیواره ها نیز لحاظ گردید. با توجه به این فرضیات، شکل ساده شده معادلات پیوستگی و ناویه استوکس به صورت زیر می باشد.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

معادلات ناویه استوکس:

$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x} P + \nu \nabla^2 u = u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \quad (2)$$

$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial y} P + \nu \nabla^2 v = u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \quad (3)$$

$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} P + \nu \nabla^2 w = u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \quad (4)$$

### صحت سنجی مدل

جهت صحت سنجی نتایج حاصل از مدل سازی، از نتایج حاصل از آزمایشگاه استفاده گردید. بدین منظور دو پارامتر ابعاد شبکه (مش بندی) و ضریب زبری مسیر جریان مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

دبی به دست آمده از دو مدل آزمایشگاهی و آرام (لامینار) به ترتیب در جداول (۲) و (۳) ، ارائه شده است.

جدول ۲- دبی به دست آمده از آزمایشگاه (لیتر بر ساعت)

| نوع قطره چکان |       |       |       |       |       |       |       |       | فشار (mH2o) |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| C3            | C2    | C1    | B3    | B2    | B1    | A3    | A2    | A1    |             |
| ۱/۱۵۵         | ۱/۱۵۴ | ۱/۱۵۲ | ۰/۶۴۷ | ۰/۶۴۷ | ۰/۶۴۴ | ۰/۵۹۸ | ۰/۴۹۱ | ۰/۵۶۰ | ۲           |
| ۱/۷۰۲         | ۱/۷۱۳ | ۱/۶۸۸ | ۰/۹۱۷ | ۰/۹۱۵ | ۰/۹۱۵ | ۰/۸۹۶ | ۰/۷۲۲ | ۰/۸۲۸ | ۴           |
| ۲/۰۷۰         | ۲/۱۱۲ | ۲/۰۵۴ | ۱/۱۰۹ | ۱/۱۰۶ | ۱/۱۰۹ | ۱/۰۸۸ | ۰/۹۰۵ | ۱/۰۲۴ | ۶/۱         |
| ۲/۳۹۷         | ۲/۴۱۰ | ۲/۳۹۰ | ۱/۳۲۲ | ۱/۳۲۰ | ۱/۳۳۱ | ۱/۳۷۸ | ۱/۱۵۶ | ۱/۲۹۲ | ۹/۲         |
| ۲/۸۷۶         | ۲/۸۷۳ | ۲/۸۴۶ | ۱/۵۵۸ | ۱/۵۵۰ | ۱/۵۵۴ | ۱/۶۴۴ | ۱/۳۸۵ | ۱/۵۷۰ | ۱۲/۲۵       |
| ۳/۳۶۸         | ۳/۳۶۲ | ۳/۳۱۲ | ۱/۷۴۴ | ۱/۷۳۸ | ۱/۷۳۵ | ۲/۰۱۴ | ۱/۷۰۵ | ۱/۸۸۳ | ۱۶/۳۳       |

جدول ۳- دبی حاصل از مدل لامینار (لیتر بر ساعت)

| نوع قطره چکان |       |            |       |       |       | فشار (mH2o) |
|---------------|-------|------------|-------|-------|-------|-------------|
| C2, C1        | C1    | B1, B2, B3 | A3    | A2    | A1    |             |
| ۰/۹۳۳         | ۱/۰۰۲ | ۰/۶۸۱      | ۰/۵۷۸ | ۰/۴۹۲ | ۰/۵۶۹ | ۲           |
| ۱/۴۰۵         | ۱/۴۴۹ | ۰/۹۲۹      | ۰/۸۸۳ | ۰/۷۵۲ | ۰/۸۷۱ | ۴           |
| ۱/۷۰۷         | ۱/۸۱۴ | ۱/۱۲۴      | ۱/۱۲۹ | ۰/۹۵۹ | ۱/۱۲۱ | ۶/۱         |
| ۲/۱۰۱         | ۲/۲۵۲ | ۱/۳۵۸      | ۱/۴۲۱ | ۱/۲۱۶ | ۱/۴۱۲ | ۹/۲         |
| ۲/۴۳۹         | ۲/۶۱۰ | ۱/۵۵۱      | ۱/۶۷۰ | ۱/۴۱۸ | ۱/۶۵۵ | ۱۲/۲۵       |
| ۲/۸۳۰         | ۳/۰۳۱ | ۱/۷۷۴      | ۱/۹۵۶ | ۱/۶۵۹ | ۱/۹۳۶ | ۱۶/۳۳       |

تعیین معادله دبی - فشار برای قطره چکان ها

رابطه دبی و فشار برای داده های به دست آمده از نرم افزار و نتایج اندازه گیری شده در آزمایشگاه، توسط یک رگرسیون نمایی تعیین گردید. در تعیین معادله فشار و دبی اندازه گیری شده برای قطره چکان های B3 ، B2 ، B1 و قطره چکان های C1 و C2 از میانگین دبی آن ها استفاده شد.

ضرایب معادله دبی فشار برای هر سه نوع قطره چکان حاصل از مدل لامینار و مدل آزمایشگاهی، در جدول (۴) ارائه شده است و در جدول (۵) خطای مدل لامینار در تعیین ضرایب معادله دبی فشار قطره چکان ها بر حسب درصد ارائه شده است.

جدول ۴- مقادیر ضرایب رابطه دبی - فشار

| K     | X     | قطره چکان | دل         |
|-------|-------|-----------|------------|
| ۰/۳۷۲ | ۰/۵۷۲ | A1        | آزمایشگاهی |
| ۰/۳۲۱ | ۰/۵۸۶ | A2        |            |
| ۰/۴۰۱ | ۰/۵۶۷ | A3        |            |
| ۰/۴۷۰ | ۰/۴۷۲ | B1,B2,B3  |            |
| ۰/۸۳۲ | ۰/۴۹۱ | C1        |            |
| ۰/۸۳۵ | ۰/۴۹۵ | C2, C3    |            |
| ۰/۳۸۵ | ۰/۵۸۲ | A1        |            |
| ۰/۳۳۳ | ۰/۵۷۸ | A2        |            |
| ۰/۳۹۱ | ۰/۵۷۹ | A3        |            |
| ۰/۴۹۴ | ۰/۴۵۵ | B1,B2,B3  |            |
| ۰/۶۹۷ | ۰/۵۲۷ | C1        |            |
| ۰/۶۶۲ | ۰/۵۲۱ | C2, C3    |            |

جدول ۵- خطای مدل لامینار در تعیین ضرایب معادله دبی فشار قطره چکانها بر حسب درصد

| قطره چکان |      |     |     |     |     | ضرایب معادله دبی فشار |
|-----------|------|-----|-----|-----|-----|-----------------------|
| C2&C3     | C1   | B   | A3  | A2  | A1  |                       |
| ۵/۳       | ۷/۳  | ۳/۶ | ۲/۱ | ۱/۴ | ۱/۷ | X                     |
| ۲۰/۷      | ۱۶/۲ | ۵/۱ | ۲/۵ | ۲/۷ | ۳/۵ | K                     |

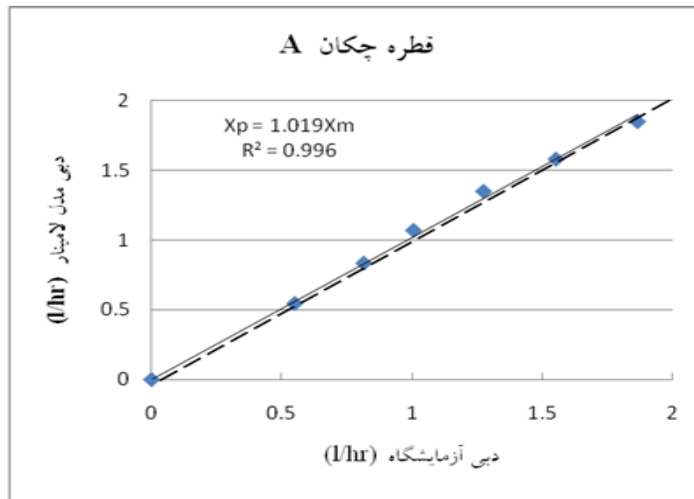
نتایج حاصل از مدل توسط نمودارهای اسکاتر پلات با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شدند. برای این منظور از میانگین نتایج بدست آمده برای سه قطره چکان استفاده شد. به عبارتی دیگر میانگین نتایج قطره چکان های A1، A2 و A3 با عنوان قطره چکان A، میانگین نتایج سه قطره چکان B1، B2 و B3 با عنوان قطره چکان B و میانگین نتایج سه قطره چکان C1، C2 و C3 با عنوان قطره چکان C در نظر گرفته شد. در این نمودارها خط پر نشانگر خط رگرسیون و خط منقطع نشانگر خط ۴۵ درجه است. انحراف خط رگرسیون از خط منقطع، مقدار  $E_r$  را نشان می دهد. شکل (۸) به عنوان نمونه ارائه شده است.

در این تحقیق برای مقایسه و ارزیابی مقادیر اندازه گیری شده در آزمایشگاه،  $X_m$  و مقادیر پیش بینی شده توسط نرم افزار،  $X_p$  از برازش داده ها به معادله رگرسیونی زیر استفاده شد:

$$x_p = \lambda \times x_m \quad (۶)$$

که در آن  $\lambda$ ، شیب بهترین خط برازش داده شده می باشد.  $\lambda < 1$  نشان دهنده پیش بینی کمتر از مقدار واقعی و مقادیر  $\lambda > 1$ ، نشان دهنده پیش بینی بیشتر از مقدار واقعی است. مقدار درصد متوسط خطای پیش بینی ( $E_r$ ) که بر اساس بهترین برازش حاصل از معادله (۶) تعیین می شود، توسط رابطه زیر بیان می گردد:

$$E_r = |(1 - \lambda)| \times 100 \quad (۷)$$



شکل ۸- نمودار مربوط به مقایسه میانگین نتایج دو مدل آزمایشگاهی و لامینار برای قطره چکان A

جدول ۶- مقادیر  $Er$  و  $\lambda$  حاصل از مقایسه میانگین مدل لامینار و مدل آزمایشگاهی

| قطره چکان     |  | A    |           | B    |           | C    |           |
|---------------|--|------|-----------|------|-----------|------|-----------|
| ضرایب رگرسیون |  | $Er$ | $\lambda$ | $Er$ | $\lambda$ | $Er$ | $\lambda$ |
|               |  | ۱/۹  | ۱/۰۱۹     | ۱/۵  | ۱/۰۱۵     | ۱۲/۶ | ۰/۸۷۴     |

Flow3D نرم افزاری بسیار کارا برای شبیه سازی و مطالعه هیدرولیک جریان درون چنین قطره چکان هایی می باشد.

### نتیجه گیری

در این تحقیق شبیه سازی و بررسی رفتار جریان درون مجاری سه نوع قطره چکان با کدهای A، B و C مورد بررسی قرار گرفت که بدین منظور از نرم افزار Flow3D و مدل لامینار استفاده گردید. نتایج حاصل از مدل لامینار با نتایج به دست آمده از آزمایشگاه مقایسه گردید. نتایج نشان داد که مدل لامینار حاصل از نرم افزار Flow3D مقدار دبی را برای قطره چکان های نوع A و B، بیشتر از مقدار واقعی و برای قطره چکان C، کمتر از مقدار واقعی محاسبه می نماید. مقدار خطای متوسط پیش بینی دبی مدل لامینار برای قطره چکانهای A و B بسیار اندک و در حدود ۲ درصد و برای قطره چکان C، این مقدار عددی حدود ۱۲ درصد می باشد. و به طور کلی مدل لامینار که توسط

با توجه به جدول (۶) و مقایسه نتایج حاصل از مدل لامینار نرم افزار Flow3D و آزمایشگاه نشان داد که برای قطره چکان های نوع A و B، مقدار  $\lambda$  بزرگتر از ۱ و برای قطره چکان نوع C، کوچکتر از ۱ می باشد، بدین معنی که مدل لامینار حاصل از نرم افزار Flow3D مقدار دبی را برای قطره چکان های نوع A و B، بیشتر از مقدار واقعی و برای قطره چکان C، کمتر از مقدار واقعی محاسبه می نماید. مقدار  $Er$  مدل لامینار برای قطره چکانهای A و B بسیار اندک و در حدود ۲ درصد بوده و تنها برای قطره چکان C، این مقدار عددی بالاتر و حدود ۱۲ درصد بوده است. علت این امر میتواند نامناسب بودن نحوه شبکه بندی و عدم دقت در اندازه گیری مجاری این قطره چکان باشد. اما به طور کلی می توان از نتایج این تحقیق این گونه استنباط نمود که، مدل لامینار که توسط نرم افزار Flow3D حل گردید با دقت خوبی قادر به پیش بینی جریان داخل مجاری قطره چکان های مورد مطالعه می باشد. بنابراین می توان گفت که نرم افزار



نرم افزار Flow3D حل گردید با دقت خوبی قادر به نرم افزار Flow3D حل گردید با دقت خوبی قادر به پیش بینی جریان داخل مجاری قطره چکان های مورد مطالعه می باشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که قطره چکان هایی می باشد.

#### منابع

- 1.Keller, J., and Blaisner R.D. 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation. New York. USA:champan and Hall.
- 2.Li G.Y., Wang G.D., Alam M., Zhao Y.F. 2006. Influence of geometrical parameters of labyrinth flow path of drip emitters onhydraulic and anti-clogging performance. ASAE. 49(3): 637-643.
- 3.Li Y.K., Yang P.L., Xu T.W., Ren S.M. 2006. Hydraulic characterization of tortous flow in path drip irrigation emitter. Hydrodynamics. Ser, B. 18(4): 449-457
- 4.Li Y.K., Yang P.L., Xu T.W., Ren S.M., Lin X.C., Wei R.J, Xu H.B. 2008. CFD and digital particle tracking to assess flow characteristics in the labyrinth flow path of a drip irrigation emitter. Irrig 26:427-438.
- 5.Wang W., Wang F., Zhao F. 2006. Simulation of unsteady flow in labyrinth emitter of drip irrigation system. Computers in Agriculture and Natural Resources, 4th World Congress Conference. ASAE.
- 6.Wei Q.S., Shi Y.S., Lu J., Dong W.C., Huang S.H. 2004. Study on theory and process to rapidly develop drip emitters with low cost. Trans. Chin. Soc. Agric. Eng. 21: 17-21.
- 7.Wei Q.S., Shi Y.S., Lu J., Dong W.C., Huang S.H. 2006. Study on hydraulic performance of drip emitters by computational fluid dynamics. Agricultural Water Management. 84: 130-136.
- 8.Yan D.H., Yang P.L., Ren S.M., Li Y.K. 2007. Numerical study on flow property in dentate path of drip emitters. Agricultural Research. 50: 705-712.