مجله علوم كشاورزي ايران
جلد ۳۷، شماره ۵، سال ۱۳۸۵ (۸۲۰-۸۱۱)

تجزيه و تحليل كمي زماني اپيدمي هاي بلايت فوزاريومي سنبله گندم

فاختک طليعي*[۱]، عزيزالله عليزاده[۲]، ناصر صفايي[۳] و محمدعلي دهقان[٤]
۱، ۲، ۳، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و اعضاء هيات علمی دانشگاه تربيت مدرس
٤، عضو هيات علمی مرکز تحقيقات کشاورزي و منابع طبيعي گلستان
(تاريخ دريافت: ۸۴/۴/۱۲ - تاريخ تصويب: ۸٤/۱۲/۱٦)

چكيده

به منظور ارائه مدل‌هاي مناسب براي پيش بيني روند پيشرفت زماني بيماري بلايت فوزاريومي سنبله گندم ناشي از قارچ **Fusarium graminearum**، بررسي‌هاي اپيدميولوژيک در قالب آزمايشات مزرعه‌اي طي دو سال متوالي (۸۱-۱۳۸۰ و ۸۲-۱۳۸۱) در ايستگاه عراقي محله گرگان و با استفاده از ارقام فلات، تجن، زاگرس و يک لاين مقاوم (ليرا) اجرا گرديد. روند توسعه بيماري نسبت به زمان با محاسبه شاخص بيماري **(Disease Index)** و با استفاده از مدل‌هاي اپيدميولوژيکي مورد بررسي قرار گرفت. مناسب بودن مدل‌ها با استفاده از فاکتور ضريب تبيين مدل **(R2)** و آماره‌هاي مربوط به خطاي باقيمانده‌ها شامل حداکثر خطا **(ME)** ، ميانگين ريشه دوم خطا**(RMSE)** ، ضريب تبيين خطا **(CD)** ، کارآيي مدل‌سازي **(EF)** و ضريب باقي‌مانده**(CRM)** بررسي گرديد. پيشرفت بيماري در شرايط زير سيستم مه پاش با عنايت به آماره‌هاي ياد شده، در ارقام فلات، تجن و زاگرس با مدل لوگ-لوجستيک بهتر قابل تبيين بود. در لاين مقاوم بيماري پيشرفت قابل ملاحظه‌اي نداشت. در شرايط خارج سيستم مه‌پاش با اسپورپاشي، در ارقام فلات و زاگرس مدل لوجستيک به ترتيب با ضريب تشخيص ۰/۸٦ و ۰/۹۱ بهترين مدل شناخته شد. در رقم تجن، مدل لوگ-لوجستيک با **R2=**۰/۸٤ بعنوان مدل برتر معرفي شد. در اين آزمايشات براي لاين مقاوم، مدل لوگ-لوجستيک با **R2=**۰/۷۹ بهترين مدل تشخيص داده شد. در مجموع با بکارگيري شاخص‌هاي آماري مذکور براي مقايسه مدل‌هاي مورد مطالعه معلوم شد که مدل‌هاي لوجستيك و لوگ-لوجستيك مناسب‌ترين مدل‌ها در توصيف روند پيشرفت بيماري تحت شرايط خارج و زير سيستم مه‌پاش مي‌باشند. اين اولين گزارش در خصوص ارزيابي مدل‌هاي پيشرفت زماني بيماري‌ها با استفاده از پارامترهاي آماري مذکور مي‌باشد. نتايج اين پژوهش در مقايسه با تحقيقات مشابه در مورد همين بيماري، اهميت کاربرد چنين شاخص‌هايي را در تشخيص صحيح مدل‌ها نشان مي‌دهد.

واژه هاي كليدي: بلايت فوزاريومي سنبله گندم، لوجستيک، لوگ- لوجستيک، مدل‌هاي اپيدميولوژيکي

مقدمه

بيماري بلايت فوزاريومي سنبله گندم (Fusarium Head Blight) يکي از بيماري‌هاي مهم گندم در مناطق مرطوب و نيمه‌مرطوب جهان است، که ساليانه خسارات فراواني به محصول گندم در سرتاسر جهان واردمي‌سازد(۱۲، ۱۵، ۲٦). اپيدمي‌هاي اين بيماري بصورت نامنظم(Sporadic) و زماني که در دوره خوشه‌دهي و گل‌دهي، هواي گرم و مرطوب با بارندگي‌هاي متوالي همراه باشد رخ مي‌دهند (۱۳، ۲۲). بيش از ۱۸ گونه از قارچ *Fusarium* بعنوان عامل بيماري گزارش شده‌اند اما عامل اصلي بيماري در بسياري از کشورهاي جهان گونه *F. graminearum* مي‌باشد (۸، ۲٤).

از دهه ۱۸۸۰ تا امروز، وقوع اپيدمي‌هاي اين بيماري

* نويسنده مسئول: فاختک طليعی
E-mail:Fa00tal@yahoo.com

خسارات عمده‌اي به محصول غلات در مناطق مختلف دنيا وارد نموده است (۱۷، ۲۳، ۲٤، ۲۵). در ايران نيز در سال‌هاي اخير به‌علت وجود اينوكلوم كافي، كشت ارقام حساس و شرايط مساعد جوي در مناطق گرگان، گنبد، مازندران و مغان بيماري خسارت قابل توجهي وارد نموده است كه لزوم كاربرد استراتژي‌هاي صحيح مديريتي را آشكار مي‌سازد(۱، ۲، ۳). علي‌رغم كاربرد اقدامات مديريتي مختلف در كنترل اين بيماري، FHB هنوز در بسياري از مناطق جهان مشكل اصلي توليدكنندگان گندم به شمار مي‌آيد (۱٤، ۱۳). بنابراين مديريت موفق بيماري، نيازمند كاربرد استراتژي‌هاي متعددي است و توسعه يك سيستم پيش‌آگاهي كارآمد(استفاده از مدل‌ها)، امكان تشخيص صحيح بيماري و كاربرد بموقع عوامل كنترل شيميايي و بيولوژيك را براي كشاورزان فراهم خواهد نمود.

يكي از مفاهيم تحليل مادي اپيدمي‌ها، انتخاب مدل مناسب جهت توصيف داده‌هاي مربوط به پيشرفت بيماري است. انتخاب مدل از اين جهت داراي اهميت است كه پارامترهاي تخميني مربوط به مدل، پايه و اساس آناليز آماري و مقايسه منحني‌هاي پيشرفت بيماري را تشكيل مي دهند(۱۱).

بررسي برازش مدل‌ها، بمنظور تعيين مناسب‌ترين مدل در توصيف پيشرفت بيماري توسط دانشمندان مختلف انجام شده است. مطالعات پيرامون اپيدمي‌هاي بيماري پيچيدگي برگ انگور ناشي از grape veine leaf roll associated closterovirus (GLR$_a$V-3) نشان داده است كه مدل گومپرتز و لوجستيك بيشترين كارآيي را در توصيف پيشرفت بيماري دارند و از آن‌جايي كه مدل لوجستيك، به تبديل داده ساده‌تري نياز دارد، براي مطالعه اين اپيدمي‌ها انتخاب شده است (۲۰).

معادله لوجستيك در خطي نمودن منحني‌هاي متقارن از كارآيي بالايي برخوردار است. برگر (۹) ضمن استفاده از مدلهاي گومپرتز و لوجستيك در خطي نمودن ۱۱۳ منحني پيشرفت بيماري، اعلام نمود كه مدل گومپرتز در اين مورد كارآيي بالاتري داشته است. همچنين زادوكس در مورد زنگ زرد گندم و فراكر در مورد اپيدمي‌هاي زنگ سفيد كاج از اين معادله به منظور توصيف اپيدمي ها استفاده نموده اند(۱۰).

گاتوالد و همكاران (۱۹۸۹) مدل‌هاي تصاعدي، تك مولكولي، گومپرتز، لوجستيك و ويبل را براي آناليز پيشرفت بيماري شانكر مركبات در خزانه‌هاي آرژانتين به‌كار بردند. و براساس آناليز Residual plot و Correlation بين مقادير مشاهده شده و پيش‌بيني شده، مدل گومپرتز را براي توصيف شدت و درصد بيماري در طي زمان مناسب‌تر از ساير مدل‌ها درنظر گرفتند (۱۹).

همچنين گاتوالد (۱۹۹۵) اشكال غير خطي مدل‌هاي تصاعدي، تك‌مولكولي، لوجستيك و گومپرتز را براي آناليز زماني اسكب مركبات در خزانه‌هاي فلوريدا به‌كاربرد. وي مناسب بودن هر مدل را با نمودار باقي‌مانده‌ها و آناليز همبستگي نمودار مقادير مشاهده‌شده و پيش‌بيني شده، بررسي نموده و بر اين اساس مدل گومپرتز را بهترين مدل معرفي نمود.

در ايران مطالعات اوليه در ارتباط با تجزيه و تحليل اپيدمي‌هاي اين بيماري در شرايط كنترل شده (٤،٦) و نيز در شرايط مزرعه (۵) با استفاده از مدل‌هاي اپيدميولوژيك صورت گرفته است. در اين تحقيق، با توجه به لزوم شناخت كافي از پيشرفت اين بيماري در شرايط طبيعي و به منظور مديريت صحيح آن و نيز ارائه يك مدل پيش‌آگاهي قابل قبول در شرايط آب و هوايي ايران، پيشرفت زماني بيماري با استفاده از مدل‌هاي مختلف اپيدميولوژيكي در شرايط مزرعه مورد تجزيه و تحليل قرار گرفته و مناسب‌ترين مدل در توصيف پيشرفت بيماري با استفاده از معيارهاي معتبر آماري معرفي شده است.

مواد و روش‌ها

تهيه مايه تلقيح و يادداشت‌برداري

در اين آزمايش از چهار رقم گندم شامل ارقام فلات، تجن، زاگرس و يك لاين مقاوم (SHA3/SERI//NANJING 833/Lira) استفاده گرديد. آزمايش‌ها در قالب طرح بلوك‌هاي كامل تصادفي با ٤ تيمار و ٤ تكرار در ايستگاه تحقيقاتي عراقي محله گرگان انجام شد. آزمايش‌ها تحت سه شرايط زير ميست با اسپورپاشي، زير ميست بدون اسپورپاشي و خارج از ميست با اسپورپاشي صورت گرفت. ابعاد بلوك‌هاي مورد آزمايش ۳×۵/۵ متر و ابعاد كرت‌هاي داخل آن ۳×۱ متر و فاصله كرت‌ها از

يكديگر ۵۰cm در نظر گرفته شد. پس از به سنبله رفتن بوته‌ها، ۲۰ سنبله به طور تصادفي انتخاب گرديد. هم‌زمان با شروع دوره گل‌دهي، اسپورپاشي در پنج نوبت و به فاصله يك هفته انجام شد. اين محدوده زماني در برگيرنده قبل و بعد از دوره گرده‌افشاني بود. اسپورپاشي با استفاده از سوسپانسيون اسپوري مخلوط پنج جدايه از قارچ مذكور صورت گرفت. جدايه‌ها قبلا از گندم‌هاي آلوده از مناطق گرگان و مازندران جدا شده و سپس به روش تك‌اسپور، خالص‌سازي شده و مورد استفاده قرار گرفتند. براي تهيه مايه بيماري قرصهايي به قطر 5mm از حاشيه كشت ۳ روزه قارچ روي محيط PDA تهيه و به محيط آب و كاه استريل (۵ گرم كاه خرد شده گندم + ۱۲۵ ميلي ليتر آب) اضافه شد. اين محيط در شيكرانكوباتور در دماي ۲۵°C بمدت ۵ روز نگهداري شد. سپس سوسپانسيون حاصل (به غلظت 10^5 اسپور در ميلي‌ليتر) با استفاده از سمپاش اتومايزر بر روي سنبله‌ها پاشيده شد. سرعت حركت موقع اسپورپاشي طوري تنظيم گرديد كه سنبله‌ها كاملاً خيس شوند. هم‌چنين جهت اطمينان از آلوده‌سازي سنبله‌ها و ظهور علائم بيماري، سنبله‌هاي علامت‌گذاري شده، با استفاده از آب‌پاش دستي و بوسيله همان سوسپانسيون، در زمان گل‌دهي مجددا اسپورپاشي شدند. پس از ظهور علائم بر روي سنبله‌ها يادداشت‌برداري شروع و در فواصل سه روز ادامه يافت. بررسي روند پيشرفت بيماري در سنبله‌ها بر اساس مقياس درجه‌بندي از ۰ تا ۵ صورت گرفت. در اين مقياس، اعداد ۰، ۱، ۲، ۳، ٤ و ۵ به ترتيب معادل با ۰، ۲۰، ٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد آلودگي سنبله مي‌باشند. پس از اتمام يادداشت‌برداري‌ها شاخص بيماري (Disease Index) بر اساس فرمول زير محاسبه گرديد.

DI= {[(تعدادسنبله‌هابامقياس۱×۱) + (تعداد سنبله‌ها با مقياس صفر×۰)]/[(تعدادكل‌سنبله‌ها×۵)]+ ...+ (تعدادسنبله‌هابامقياس۵×۵)}×۱۰۰

تجزيه و تحليل پيشرفت بيماري در مزرعه

با استفاده از DI هاي محاسبه شده، مدل‌هاي شناخته شده در اپيدميولوژي بيماري‌هاي گياهي (شامل مدل تصاعدي، تك مولكولي، لوجستيك، لوگ‌لوجستيك، گومپرتز و ويبل) مورد بررسي قرار گرفتند. بررسي منحني‌هاي پيشرفت بيماري در شرايط مختلف نشان مي‌دهد كه (بعلت محدوديت زمان و بافت مورد نياز براي آلودگي) در زمان‌هاي (t) بالاتر پيشرفت بيماري كند و يا متوقف شده و منحني حالت هموار به خود مي‌گيرد. بنابراين مدل تصاعدي براي آناليز پيشرفت بيماري كارآيي نداشته و لذا مورد استفاده قرار نگرفت. بمنظور بررسي مدل‌ها، ميانگين شاخص بيماري در تاريخ‌هاي متفاوت يادداشت‌برداري به عنوان متغير وابسته (y) و تاريخ‌هاي يادداشت‌برداري بعنوان متغير مستقل (t) در نظر گرفته شد. اين متغيرها با استفاده از روش رگرسيون ساده و در قالب مدل‌هاي مختلف اپيدميولوژيكي با استفاده از نرم‌افزار كامپيوتري Statgraphics مورد تجزيه آماري قرار گرفته و با استفاده از نرخ پيشرفت بيماري (r) بدست آمده از اين طريق، مقادير dy/dt براي تمام مدل‌ها و در ارقام مختلف محاسبه شد. علاوه بر محاسبه ضريب تبيين مدل (R^2) پارامترهاي مربوط به خطاي باقي‌مانده‌ها نيز براي هر مدل محاسبه گرديد.

بررسي نكويي برازش مدل‌هاي مختلف

بدين منظور از معيار ضريب تبيين مدل (R^2) استفاده گرديد كه مقدار آن از ۰ تا ۱ متغير است و تصميم‌گيري در مورد حد بالاي آن به نوع مطالعه و مشاهدات بستگي دارد. براي ارزيابي اعتبار[1] مدل‌ها علاوه بر R^2 ، از تحليل خطاهاي باقي‌مانده و اختلاف بين مقادير اندازه‌گيري شده و پيش‌بيني شده نيز استفاده مي‌گردد. آماره‌هاي[2] مورد نياز عبارتند از: حداكثر خطا[3] (ME) ، ميانگين ريشه دوم خطا[4] (RMSE) ، ضريب تبيين[5] (CD) ، كارآيي مدل‌سازي[6] (EF) و ضريب باقي‌مانده[7] (CRM). تعريف رياضي اين آماره‌ها بصورت زير است (۲۱):

$$ME = \max |P_i - O_i|_{i=1}^{n}$$

1. Reliabilty
2. Statistics
3. Maximum Error
4. Root Mean Square Error
5. Coefficient of Determination
6. Modeling Efficiency
7. Coefficient of Residual Mass

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2 - \sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2}$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}\right]^{1/2} \times \frac{100}{\overline{O}}$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^{n} O_i - \sum_{i=1}^{n} P_i}{\sum_{i=1}^{n} O_i}$$

$$CD = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2}{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \overline{O})^2}$$

كه در آن‌ها P_i مقادير پيش‌بيني شده، Oi مقادير اندازه‌گيري (مشاهده) شده، n تعداد نمونه‌هاي به كار رفته و علامت «-» در بالاي O نشان‌گر مقادير متوسط آن مي‌باشد. حداقل مقدار ME ، RMSE ، CD صفر است و حداكثر مقدار EF برابر يك مي‌باشند. CRM، EF مي‌توانند مقاديري منفي داشته باشند. مقدار زياد ME نشانگر بدترين حالت كاركرد مدل است، در حالي كه مقدار زياد RMSE نشان مي‌دهد كه برآورد بيش از حد و يا كمتر از حد مدل در مقايسه با مشاهدات (اندازه‌گيري‌ها) چقدر است.

آماره CD نسبت پراكندگي[1] را بين مقادير پيش‌بيني شده و اندازه‌گيري‌ها نشان مي‌دهد. مقدار آماره EF مقادير پيش‌بيني‌ها را با ميانگين اندازه‌گيري‌ها مقايسه مي‌كند و مقدار منفي EF بيانگر آن است كه ميانگين مقادير اندازه‌گيري شده، برآوردي بهتر از مقادير پيش‌بيني شده دارد. آماره CRM نشانگر تمايل مدل براي برآورد بيش از حد و يا كمتر از حد در مقايسه با اندازه‌گيري‌هاست. چنان‌چه تمام مقادير پيش‌بيني و اندازه‌گيري شده با هم برابر شوند، در اين صورت EF=0،CRM=0 ، RMSE=0،CD=1 ، ME=0 خواهد شد. و در نهايت درصورتي كه آماره هاي فوق نيز روندي مشابه داشته باشند، ساده‌ترين مدل از نظر تعداد ورودي‌ها و سهولت تبديلات به‌كاررفته در آن انتخاب خواهد شد.

نتايج

در آزمايشات زير ميست بدون اسپورپاشي در هر دو سال زراعي، به‌رغم وجود شرايط محيطي مناسب، عدم مايه‌زني و نبود اينوكلوم كافي مانع از پيشرفت چشم‌گير بيماري گرديد. در اين شرايط R^2 همه مدل‌ها بسيار پايين بود و لذا هيچ‌يك از مدل‌ها كارآيي لازم را در توصيف پيشرفت بيماري نداشتند.

در آزمايشات سال زراعي ٨١-٨٠ نتايج آماره‌هاي محاسبه شده در ارقام مختلف در شرايط زير ميست با اسپورپاشي در جدول١-A آمده است. اين نتايج نشان مي‌دهد كه در اين شرايط در رقم فلات دو مدل لوجستيك و لوگ‌لوجستيك بر اساس مقاييسات R^2، ME مشابه بوده و نسبت به ساير مدل‌ها برتري دارند. اما بالاتر بودن CD اين مدل و نيز CRM=0، كارآيي بيشتر مدل لوگ‌لوجستيك را ثابت مي‌كند. در مدل لوجستيك، مثبت بودن مقدار CRM نشان مي‌دهد كه مدل، برآوردي كمتر از حد واقعي داشته است. بنابراين در اين رقم مدل لوگ‌لوجستيك با R^2=٠/٧٨٧ بعنوان كارآمدترين مدل در توصيف توسعه بيماري معرفي مي‌شود. شكل ١-a منحني‌هاي پيشرفت بيماري و نرخ افزايش بيماري در مقابل زمان را در مورد اين مدل در رقم فلات نشان مي‌دهد. در مورد رقم تجن و زاگرس مقايسه پارامترهاي مختلف نشان مي‌دهد كه دو مدل لوگ‌لوجستيك و گومپرتز روند كلي مشابهي دارند. اين نتيجه‌گيري از مقايسه مقدار عددي آماره‌هاي محاسبه شده ME وRMSE بدست مي‌آيد. همچنين مشاهده مي‌شود كه اختلاف چنداني بين CD محاسبه شده در اين مدل‌ها وجود ندارد. بعلاوه مقادير مثبت CRM نشان مي‌دهد كه هر دو مدل برآوردي مشابه (در رقم تجن) و كمتر از واقعي داشته‌اند. اما در نهايت، مي‌توان مدل لوگ‌لوجستيك با R^2=٠/٨٠٤ در رقم تجن و R^2=٠/٦٧٨ دررقم زاگرس را بعلت سهولت محاسبات و سادگي بيشتر انتخاب نمود منحني‌هاي پيشرفت بيماري و نرخ رشد اين مدل در ارقام تجن و زاگرس به ترتيب در اشكال ١-b و ١-c نمايش داده شده است.

در ارتباط با لاين مقاوم، بيماري توسعه چنداني نداشته و لذا R^2 همه مدل‌ها پايين است. بررسي دو مدل ويبل در لاين مقاوم نشان مي‌دهد كه اين دو مدل برغم داشتن ME پايين، بعلت بالا بودن مقدار RMSE و كمتر بودن CD نسبت به ساير مدل‌ها از مقاييسات حذف مي‌شوند. اما مقايسه ME وRMSE ساير مدل‌ها نشان داد كه سه مدل تك‌مولكولي، لوگ‌لوجستيك و گومپرتز تقريباً مشابه هم عمل مي‌كنند. همچنينCD اين سه مدل تقريباً مشابه بود. مثبت بودن مقدار EF در اين سه مدل

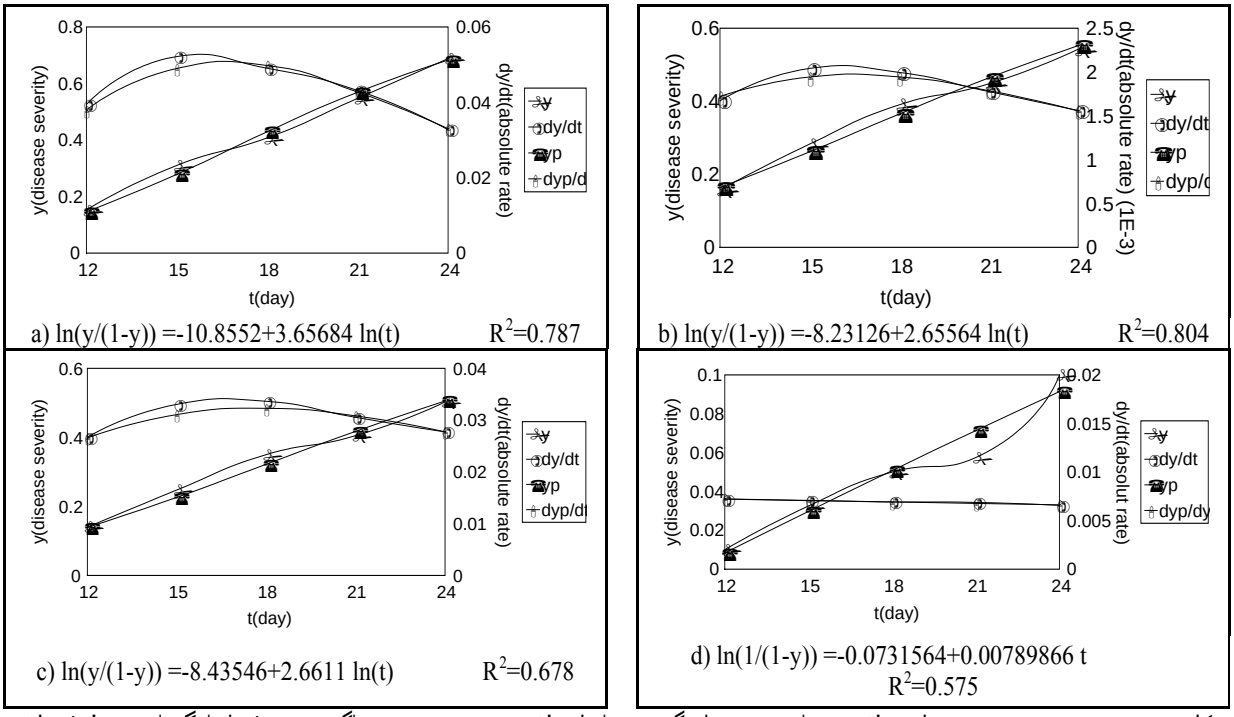
1. Scatter ratio

نسبت به سايرين نشان دهنده كمتر بودن ميانگين مقادير محاسبه شده از ميانگين مقادير اندازه‌گيري شده است. همچنين مقايسه مقادير CRM نشان ميدهد كه هر سه مدل تقريباً برآوردي مشابه و بيش از حد واقعي داشته‌اند. لذا در مجموع مدل تك‌مولكولي با R^2=۰/۵۷۳ بعلت سهولت كاربرد و سادگي آن نسبت به دو مدل ديگر بعنوان كارآمدترين مدل معرفي مي‌گردد. شكل ۱-d منحني‌هاي پيشرفت بيماري و نرخ افزايش آن را در لاين مقاوم براي مدل تك‌مولكولي نشان مي‌دهد.

جدول۱- مقدارR^2 و آماره‌هاي محاسبه شده مربوط به خطا براي بررسي كارآيي مدل‌ها در توصيف پيشرفت بيماري در ارقام مختلف گندم در شرايط ميست (A) و خارج از ميست(B) سال زراعي۸۱ –۸۰

		A						B					
رقم	مدل	R^2	ME	RMSE	CD	EF	CRM	R^2	ME	RMSE	CD	EF	CRM
فلات	M	۰/۶۹۶	۰/۰۶	۰/۱۷	۰/۸۱۹	۰/۹۵۷	-۰/۰۲۲	۰/۷۶۸	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۷۸۵	۰/۹۵۵	-۰/۰۱۱
	L	۰/۷۸۳	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۸۹۱	۰/۹۸۵	۰/۰۰۶	۰/۸۵۹	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۹۳۶	۰/۹۹۱	-۰/۰۰۷
	LL	۰/۷۸۷	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۹۲۰	۰/۹۸۸	۰/۰۰۰	۰/۸۵۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۹۳۸	۰/۹۸۸	-۰/۰۱۲
	G	۰/۷۶۴	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۹۰۸	۰/۹۸۸	-۰/۰۱۱	۰/۸۲۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۹۰۲	۰/۹۸۸	-۰/۰۱۳
	W2	۰/۶۹۶	۰/۱۵	۱۱/۸۷	۰/۳۳۶	-۱/۹۱۳	۰/۷۲۰	۰/۷۶۸	-۰/۲۴	۱۰/۴۱	۰/۲۷۱	-۰/۰۶۷	۰/۶۲۳
	W3	۰/۶۹۶	۰/۱۵	۲۲/۵۸	۰/۲۱۱	-۴/۵۴۰	۰/۹۵۷	۰/۷۶۸	-۰/۲۵	۲۴/۲۵	۰/۱۵۲	-۶/۱۴۵	۰/۹۱۹
نجف	M	۰/۷۶۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۹۶۸	۰/۹۹۴	-۰/۰۱۰	۰/۷۳۸	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۹۳۹	۰/۹۹۵	-۰/۰۱۱
	L	۰/۷۸۰	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۹۰۹	۰/۹۵۷	۰/۰۱۲	۰/۸۲۵	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۹۳۹	۰/۹۷۹	۰/۰۰۹
	LL	۰/۸۰۴	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۹۲۵	۰/۹۸۳	۰/۰۰۸	۰/۸۳۹	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۹۷۵	۰/۹۹۶	۰/۰۰۶
	G	۰/۷۸۹	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۹۶۳	۰/۹۸۰	۰/۰۰۲	۰/۸۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۹۷۳	۰/۹۹۴	۰/۰۰۰
	W2	۰/۷۶۳	۰/۱۵	۱۳/۲۵	۰/۱۹۵	-۴/۴۳۳	۰/۸۱۹	۰/۷۵۸	-۰/۱۴	۱۱/۹۶	۰/۱۹۳	-۳/۶۷۳	۰/۸۴۵
	W3	۰/۷۶۳	۰/۱۶	۱۹/۷۸	۰/۱۳۹	-۷/۱۰۷	۰/۹۸۲	۰/۷۵۸	-۰/۱۴	۱۷/۴۰	۰/۱۴۵	-۵/۷۹۶	۰/۹۸۶
زاگرس	M	۰/۶۷۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۹۴۷	۰/۹۹۱	-۰/۰۱۷	۰/۸۷۵	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۸۳۷	۰/۹۶۵	-۰/۰۰۵
	L	۰/۶۶۰	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۸۹۰	۰/۹۵۷	۰/۰۲۴	۰/۹۰۷	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۹۷۲	۰/۹۹۹	-۰/۰۰۱
	LL	۰/۶۷۸	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۹۱۹	۰/۹۸۲	۰/۰۲۱	۰/۹۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۹۵۹	۰/۹۹۴	-۰/۰۰۶
	G	۰/۶۸۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۹۴۴	۰/۹۸۳	۰/۰۰۷	۰/۹۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۹۶۰	۰/۹۹۸	-۰/۰۰۷
	W2	۰/۶۷۵	۰/۱۳	۱۲/۷۹	۰/۲۰۲	-۴/۳۴۷	۰/۸۴۰	۰/۸۷۵	-۰/۲۵	۱۶/۲۱	۲/۲۵۶	-۰/۱۰۵	۰/۲۷۳
	W3	۰/۶۷۵	۰/۱۴	۱۸/۲۲	۰/۱۵۰	-۶/۶۲۰	۰/۹۸۶	۰/۸۷۵	-۰/۲۶	۴۱/۷۷	۱/۲۶۵	-۱/۸۴۸	۰/۸۱۷
مغاوم	M	۰/۵۷۵	۰/۰۳	۰/۳۲	۰/۷۲۰	۰/۶۳۹	-۰/۳۲۳	۰/۷۵۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۱/۰۲۶	۰/۹۶۱	-۰/۰۰۲
	L	۰/۵۶۷	۰/۱۴	۶/۷۸	۰/۰۸۸	-۶/۵۹۳	-۱/۳۹۷	۰/۷۷۳	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۸۹۰	۰/۹۵۹	۰/۰۲۷
	LL	۰/۵۶۵	۰/۰۳	۰/۲۵	۰/۷۳۷	۰/۷۲۵	۰/۲۸۲	۰/۷۸۸	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۹۸۸	۰/۹۶۸	۰/۰۲۹
	G	۰/۵۶۱	۰/۰۳	۰/۲۶	۰/۷۱۸	۰/۷۰۸	-۰/۲۹۲	۰/۷۸۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۹۷۳	۰/۹۶۹	۰/۰۲۱
	W2	۰/۵۷۶	۰/۰۱	۳/۱۸	۰/۳۷۹	-۲/۵۶۴	۰/۹۷۱	۰/۷۵۳	-۰/۰۲	۳/۸۶	۰/۲۴۱	-۴/۰۷۶	۰/۹۷۸
	W3	۰/۵۷۶	۰/۰۱	۳/۳۰	۰/۳۶۶	-۲/۶۹۴	۰/۹۸۷	۰/۷۵۳	-۰/۰۲	۴/۰۶	۰/۲۳۱	-۴/۳۳۵	۱/۰۰۰

Monomulecular=M ، Logistic=L ، Log-logistic=LL Gompertz=G ، Weibull c=2=W2 ، Weibull c=3=W3

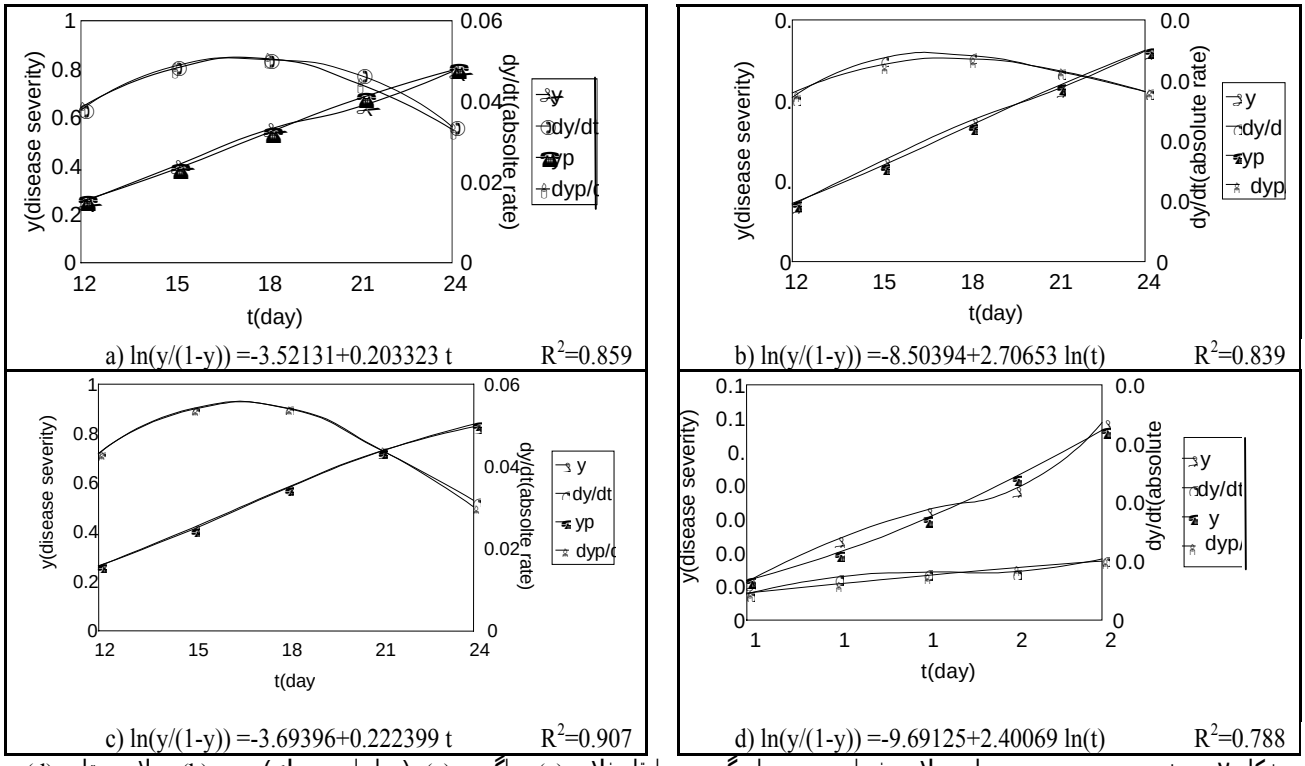


شكل ۱- پيش‌بيني روند توسعه بيماري بلايت فوزاريومي سنبله گندم در ارقام فلات (a) ،تجن (b)، و زاگرس (c) (مدل لوگ-لوجستيك) و لاين مقاوم (d) (مدل تك‌مولكولي) و برازش آنها با داده‌هاي واقعي مربوط به پيشرفت بيماري تحت شرايط ميست با اسپورپاشي در سال زراعي ۸۱-۱۳۸۰ (مقدار بيماري مشاهده شده y ، پيش‌بيني شده yp ، نرخ رشد لحظه‌اي مشاهده شده dy/dt و پيش‌بيني شدهdyp/dt).

جدول B-۱ ، نتايج آماره‌هاي محاسبه شده در ارقام مختلف در شرايط خارج از ميست با اسپورپاشي را نشان مي‌دهد. بر اساس اين نتايج، مقايسات ME و RMSE نشان مي‌دهد كه در دو رقم فلات و زاگرس در شرايط خارج از ميست، سه مدل لوجستيك و لوگ‌لوجستيك و گومپرتز روند كلي مشابهي را دنبال مي‌كنند. هم‌چنين مقدار CD نيز در هر سه مدل در ارقام مذكور مشابه يكديگر است ومنفي بودن CRM نيز برآوردي بيش از حد واقعي را توسط هر سه مدل نشان مي‌دهد كه از نظر مقدار نيز تا حدودي مشابهند. بعلاوه مقادير EF نيز تقريباً برابر و مثبت است كه نشان مي‌دهد ميانگين مقادير محاسبه شده برآوردي بهتر از ميانگين مقادير اندازه‌گيري شده دارند. بنابراين در مجموع در هر دو رقم، مدل لوجستيك با R^2=۰/۸۵۹ در رقم فلات و R^2=۰/۹۰۷ در رقم زاگرس بعلت سهولت كاربرد آن نسبت به دو مدل ديگر بعنوان مناسب‌ترين مدل انتخاب مي‌گردد. منحني‌هاي پيشرفت بيماري اين مدل مربوط به رقم فلات در شكل ۲-a و رقم زاگرس در شكل ۲-c ارائه شده است.

در مورد رقم تجن نيز بررسي پارامترهاي R^2، ME، RMSEدر جدول B-۱ نشان مي‌دهد كه سه مدل ذكر شده، شرايط نسبتاً مشابهي دارند، اما CD در مدل لوگ‌لوجستيك و گومپرتز تقريباً مشابه و از مدل لوجستيك بيشتر است. همچنين مقدار CRM در مدل لوجستيك مثبت و از دو مدل ديگر بيشتر است كه نشان مي‌دهد كه برآورد كمتر از واقع بيشتري نسبت به دو مدل ديگر دارد. بنابراين از بين دو مدل ديگر، مدل لوگ‌لوجستيك با R^2=۰/۸۳۹ بعلت سادگي بيشتر وسهولت آن انتخاب مي‌گردد. شكل ۲-b منحني‌هاي پيشرفت بيماري و نرخ رشد آنها را در اين رقم نشان مي‌دهد

در مورد رقم مقاوم نيز شرايطي مشابه با رقم تجن برقرار است. در اين رقم نيز مدل‌هاي مذكور بالاترين R^2 و كمترين ME را دارا مي‌باشند، اما محاسبات بعدي نشان مي‌دهد كه دو مدل لوگ‌لوجستيك و گومپرتز، CD بالاتري دارند. ساير پارامترهاي اين دو مدل نيز مشابه است، لذا مدل لوگ‌لوجستيك بعلت سادگي بيشتر بعنوان كارآترين مدل در اين شرايط انتخاب مي‌گردد. شكل ۲-d منحني‌هاي پيشرفت بيماري و سرعت افزايش آن‌را در اين رقم نشان مي‌دهد.



شكل ۲- پيش‌بيني روند توسعه بيماري بلايت فوزاريومي سنبله گندم در ارقام فلات (a) ، زاگرس (c) (مدل لوجستيك) تجن (b)، و لاين مقاوم (d) (مدل لوگ-لوجستيك) و برازش آنها با داده‌هاي واقعي مربوط به پيشرفت بيماري در شرايط خارج از ميست با اسپورپاشي در سال زراعي ۸۱-۱۳۸۰ (مقدار بيماري مشاهده شده y ، پيش‌بيني شده yp ، نرخ رشد لحظه‌اي مشاهده شده dy/dt و پيش‌بيني شده dyp/dt).

با بررسي كلي در مورد مجموع شرايط اعمال شده در مزرعه و براي همه ارقام مشخص مي‌شود كه چنان‌چه مطالعات مليحي‌پور و همكاران(٤) نيز نشان مي‌دهد مدل ويبل تحت شرايط مورد بررسي و در ارقام مذكور با بالاترين مقدار ME (بدترين كاركرد مدل) كارآيي مناسبي در توصيف پيشرفت بيماري ندارد و در مجموع مدل لوگ‌لوجستيك براي توصيف پيشرفت بيماري در شرايط زير ميست مناسب‌تر بوده و با اعتماد بيشتري مي‌توان آن را به كار برد. جگر(Jeger) از اين مدل بعنوان ابزاري براي توصيف پيشرفت بيماري‌هاي گياهي حمايت كرده است (۱۱). اما در شرايط خارج از ميست دو مدل لوجستيك و لوگ‌لوجستيك ضمن كارآيي مشابه، فراواني برابري نيز در برازش با داده‌ها دارند. بنابراين مدل لوجستيك بعلت سادگي كاربرد و سهولت بيشتر و تبديل داده كمتر بعنوان كارآمدترين مدل در توصيف پيشرفت اين بيماري در شرايط مزرعه در منطقه گرگان معرفي مي‌گردد. به اعتقاد فرايد و همكاران (۱۹۷۹) اين مدل، بيش از ساير مدل‌ها در توصيف اپيدمي‌ها پاسخ‌گو است. هم‌چنين از اين معادله بعنوان مدلي مناسب براي بررسي نرخ آلودگي، دوره‌نهان و اثر بهداشت و قارچ‌كش‌ها بر توسعه اپيدمي و نيز تفسير مقاومت افقي و عمودي استفاده شده است (۲۷).

در آزمايش‌هاي سال زراعي ۸۲-۱۳۸۱ در آزمايشات تحت ميست با اسپورپاشي، بيماري روي ارقام فلات، تجن و زاگرس ظاهر گرديد. اما پيشرفت و توسعه آن تنها در رقم حساس فلات چشم‌گير و قابل بررسي بود. لذا مدل‌هاي مذكور تنها در مورد اين رقم مورد بررسي قرار گرفتند. جدول ۲ نتايج R^2 و پنج آماره محاسبه شده را براي مدل‌هاي مختلف در مورد رقم فلات در دو حالت زير ميست و خارج آن نشان مي‌دهد.

نتايج حاصله از اين جدول نشان مي‌دهدكه مدل لوجستيك با بيشترين R^2 وكمترين ME و RMSE بيشترين كارآيي را در توصيف پيشرفت بيماري در اين شرايط دارد و پس از آن دو مدل لوگ‌لوجستيك و گومپرتز روندي كاملاً مشابه و نزديك به آن دارند. ولي در نهايت، مدل اول بدليل سهولت كاربرد و سادگي توصيه مي‌گردد.

جدول۲- مقدارR^2 و آماره‌هاي محاسبه شده مربوط به خطا براي بررسي كارآيي مدل‌ها در توصيف پيشرفت بيماري دررقم فلات در شرايط شرايط ميست (A) و خارج از ميست(B) سال زراعي ۸۲-۸۱

		A						B					
رقم	مدل	R^2	ME	RMSE	CD	EF	CRM	R^2	ME	RMSE	CD	EF	CRM
فلات	M	۰/۶۲٤	۰/۰۵	۰/۱٤	۰/۹۳۵	۰/۹۲۱	-۰/۰۲۰	۰/۷۳۰	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۷٦٦	۰/۹٤۸	۰/۰۱۷
	L	۰/۷۱۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۱/۰۱۲	۰/۹۹۰	۰/۰۳۲	۰/۸۱۸	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۷۸۸	۰/۹۷٤	۰/۰۳۷
	LL	۰/۷۰۱	۰/۰۲	۰/۰۵	۱/۰۸٦	۰/۹۷۰	۰/۰۳٤	۰/۸۱۷	۰/۰۱	۰/۰٤	۰/۸۱۳	۰/۹۷۰	۰/۰۳۵
	G	۰/۷۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵	۱/۰۸٦	۰/۹۷۰	۰/۰۳٤	۰/۷۹۲	۰/۰۱	۰/۰٤	۰/۷۹۷	۰/۹۷۳	۰/۰۲۸
	W2	۰/۷۱۰	۰/۱۰	٦/۷۹	۰/۳۱۰	-۲/۸٦۱	۰/۸۸۷	۰/۸۱۸	۰/۱۹	۷/۸۹	۰/۱۷۹	-٤/۸۹٤	۰/۸۳۳
	W3	۰/۷۱۰	۰/۱۰	۸/۷٤	۰/۲۵۰	-۳/۹٦٦	۰/۹۹۳	۰/۸۱۸	۰/۲۰	۱۱/٤٤	۰/۱۳۱	-۷/۵۵۲	۰/۹۸٤

Monomulecular=M ، Logistic=L ، Log-logistic=LL Gompertz=G ، Weibull c=2=W2 ، Weibull c=3=W3

در شرايط خارج ميست با اسپورپاشي پيشرفت بيماري در ارقام فلات و تجن قابل ملاحظه بود. اما در رقم تجنR^2 تمامي مدل‌ها پايين بوده و لذا هيچ مدلي قادر به توصيف پيشرفت بيماري در شرايط مذكور و در اين رقم نمي‌باشد. در مورد رقم فلات، بررسي جدول ۲ نشان مي‌دهد، مدل ويبل به رغم بالاتر بودن مقدارR^2 (۰/۸۱۸) بدليل مقدار بالاي ME مدل مناسبي در توصيف پيشرفت بيماري نمي‌باشد. اما سه مدل لوجستيك، لوگ‌لوجستيك و گومپرتز روند تغييرات مشابهي دارند. كه در نهايت مدل لوجستيك بعلت سهولت و سادگي كاربرد آن با R^2=۰/۸۱۸ بعنوان بهترين مدل معرفي مي‌گردد.

بحث

مقايسات كلي بين يافته‌هاي اين تحقيق و آزمايشات پيشين شباهت چنداني را بين نتايج نشان نمي‌دهد. مليحي‌پور و همكاران در ارقام تجن، فلات و گلستان در شرايط گلخانه، كارآيي مدل گومپرتز را بعنوان بهترين مدل، به اثبات رسانيده‌اند(٤). همچنين ميرزايي در مجموع شرايط آزمايشي در آزمايشات سال ۸۰-۱۳۷۹ خود، دو مدل تك‌مولكولي و ويبل را بعنوان بهترين مدل‌ها در توصيف پيشرفت بيماري در شرايط مزرعه گرگان معرفي نموده‌است(۵).

اين عدم شباهت احتمالا ناشي از منابع مختلفي است كه مهم‌ترين آنها عبارتند از: عدم يكنواختي شرايط محيطي و نيز دقت ارزيابي‌ها. طبق نظر آگريوس (۷) عوامل محيطي در بقا، قدرت حياتي، سرعت تكثير، سهولت، جهت و فاصله انتشار بيمارگر و نيز ميزان جوانه‌زني و رخنه آن و در نتيجه توسعه بيماري موثرند. بنابراين تفاوت شرايط محيطي طي سال‌هاي مختلف انجام اين آزمايشات بخوبي عدم شباهت نتايج حاصله را توجيه مي‌كند. از آن‌جايي كه يكي از اهداف آناليزهاي اپيدميولوژيكي، بررسي اثر شرايط محيطي بر ايجاد و توسعه بيماري است، لذا انجام اين‌گونه آزمايشات طي چندين سال متوالي صورت مي‌گيرد تا با مقايسه مجموع نتايج حاصل از آزمايشات در شرايط مختلف محيطي، بتوان زمان بحراني و شرايط بهينه را براي بيماري، با استفاده از جداول هواشناسي مربوط به هر منطقه تعيين كرد. بدين ترتيب مي‌توان عدم وقوع بيماري، احتمال وقوع و يا وقوع قطعي آن را در آينده پيش‌بيني نمود. كه اين، هدف اصلي سيستم‌هاي پيش‌آگاهي است.

بنابراين عدم تشابه نتايج اين آزمايش و آزمايشات ديگر را مي‌توان در درجه اول، ناشي از فاكتورهاي محيطي دانست كه در شرايط مزرعه، غير قابل كنترل بنظر مي‌رسند. علاوه بر آن دقت ارزيابي (دقت مقايسات مدل‌ها) نيز تاثير بسزايي در اين عدم يكنواختي داشته است.

علاوه بر اين استفاده از دو معيار R^2 و Mse به تنهايي براي بررسي نيكويي برازش مدل‌ها سبب بروز خطا در انتخاب مدل مناسب خواهد شد. زيرا بر اساس اصول آماري،Mse بيان ديگري از R^2 بوده، لذا استفاده از اين دو معيار بتنهايي، براي مقايسات صحيح نمي‌باشد.

به اعتقاد كمبل و مدن (۱۹۹۰) محاسبه R^2 تنها بخشي از ارزيابي مدل‌هاست، چراكه حتي يك مدل با R^2 بالا نيز ممكن است مدل مناسبي نباشد، زيرا احتمال مي‌رود، مقادير برآوردشده آن، بيشتر ويا كمتر از حد واقعي باشند، لذا ارتباط واقعي بين دو متغير وابسته و مستقل را نشان ندهند. اما با استفاده از تحليل خطاي باقي‌مانده‌ها مي‌توان با دقت بيشتر و بسهولت، كاركرد[1] و مناسبت[2] يك مدل را تشخيص داد. بنابراين جهت مقايسه دقيق مدل‌ها استفاده از پنج آماره مربوط به خطاي باقي‌مانده‌ها ضروري بنظر مي‌رسد. بعنوان مثال در اين بررسي در اكثر موارد R^2 مدل ويبل نسبتا بالا مي‌باشد، اما تحليل خطاي باقي‌مانده‌ها نشان مي‌دهد كه اين مدل كارآيي مناسبي در توصيف پيشرفت اين بيماري ندارد. بنابراين با استفاده از مجموع R^2 و آماره‌هاي مربوط به خطاي باقي‌مانده‌ها مي‌توان با دقت و اطمينان بيشتري به مقايسه مدل‌ها پرداخت. اين اولين مورد استفاده از اين روش، براي تحليل مقايسه مدل‌هاي اپيدميولوژيك در بيماري‌شناسي گياهي، در ايران است.

1. Performance
2. Appropriateness

منابع مورد استفاده REFERENCES

۱. بابادوست، م. ۱۳۷۲. وقوع گونه های *Fusarium* در بذور گندم در آذربایجان شرقی و اردبیل. بیماریهاي گیاهي. ۸۸: ۱۰۰-۳۱.

۲. فروتن، ع.، ارشاد، ج.، دليلي، ع.، بامدادیان، ا. و گرامی، ق. ۱۳۷۱. گزارشی از وقوع اسکب گندم در مازندران. خلاصه مقالات یازدهمین کنگره گیاهپزشکي ایران-دانشگاه گیلان- رشت. ص۳۳.

۳. گلزار، ه. ۱۳۷۱. پراکندگی بلایت فوزاریومی سنبله گندم در منطقه گرگان و گنبد و واکنش برخی از ارقام معمول گندم به این بیماری. خلاصه مقالات یازدهمین کنگره گیاهپزشکي ایران-دانشگاه گیلان- رشت. ص۳۶.

٤. مليحي پور،ع.، اخوت، م. و علیزاده، ع. ۱۳۷۹. آنالیز پیشرفت بیماری بلایت سنبله گندم در شرایط کنترل شده با استفاده از مدلهای اپیدمیولوژیکی. بیماریهاي گیاهي ۳٦: ۱۵۳-۱۳۵.

۵. میرزایي، س. ۱۳۸۰. تجزیه و تحلیل زمانی اپیدمیهای بلایت فوزاریومی سنبله گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس. ۱۲۱ صفحه.

٦. میرزایي، س.، علیزاده، ع. و صفایي، ص. ۱۳۸۲. تجزیه و تحلیل زمانی پیشرفت اپیدمیهای بلایت سنبله گندم در شرایط گلخانه ای با استفاده از مدلهای اپیدمیولوژیکی. نهال و بذر. ۱۹: ۳۵۳-۳۳۳.

7. Agrios, G. N. 1997. *Plant Pathology*. 4th.Ed. Academic Press. 635pp.
8. Bai, G. H., & G. Shaner. 1994. Scab of wheat: prospects for control. *Plant Di*sease 78: 760-766.
9. Berger, R. D. 1981. Comparision of the Gompertz and logistic equation to describe plant disease progress. *Phytopathology* 71:716-719.
10. Campbell, C. L. 1986. Interpretation and uses of disease progress curves for root diseases. In: *Plant Diseases Epidemiology.* Vol. 1: Population Dynamics and Management. edited by Leonard, K. J. and Fry, W. E. Macmillan Publishing Company. New York. pp. 38-54.
11. Campbell C. L., & L. V. Madden. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley and Sons. 532 pp.
12. Clear, R. M., & S. K. Patrick. 2000. Fusarium head blight pathogens isolated from fusarium-damaged kernels of wheat in western Canada, 1993 to 1998. *Canadian Journal of Plant Pathology* 22: 51-60.
13. Dewolf, E. D., L. Madden, & P. Lipps. 2003. Risk assessment models for wheat Fasarium head blight epidemics based on within- season weather data. *Phytopathology* 93:428- 435.
14. Diaz De Ackreman, M., & M. M. Kohli. 1997. Reaserch on Fusarium head blight of wheat in Uruguay. In*: Fusarium head scab: global status and future prospects.* Edited by Dubin, H. J., Gilcrist, L., Revees, J., and McNab, A. Mexico, D. F. CIMMYT. PP 15-18.

15. Francle, L., S. Markell, S. Ali & T. L. Frisen. 2000. *Gibberella zeae* population dynamics: A progress report. Pages, 144-146 in: Proc. *2000 National Fusarium Head Blight Forum*.
16. Fried, P. M., D. R. Mackenzi, & R. R. Nelson. 1979. Disease progress curves of *Erysiphe graminis* f.sp *tritici* on chancellor wheat and for multilines. *Phytopathology Z*, 95: 151-166.
17. Gilbert, J., & A. Tekauz. 2000. Recent development in research on FHB of wheat in canada. *Canadian Journal of Plant Pathology* 22: 1-8.
18. Gottwald, T. R. 1995. Spatio-temporal analysis and isopath dynamics of citrus scab in nursery plots. *Phytopathology* 85: 1082-1092.
19. Gottwald, T. R., L. W. Timmer, & R. G. Mc guir. 1989. Analysis of disease progress of citrus canker in nurseries in Argentina. *Phytopathology* 79: 1276-1283.
20. Habili, N. & F. W. Jr. Nutter. 1997. Temporal and spatial analysis of grapevine leafroll-associated virus 3 in pinot Noir grapeveins in AustraLia. *Plant Disease* 81: 625-628.
21. Homaee, M., C. Direcson, & R. A. Feddes. 2002. Simulation of root water uptake 1-Non-uniform transient salinity using different macroscopic reduction functions. *Agricultural Water Management*,57: 89-109.
22. Lipps, P. 1996. Head blight or scab of small grains. Extention Fact Sheet, Ohio state University. www. ag. ohio-sted. edu/~ ohioline.
23. Martinelli. J., G. Bocches, L. Gale., W. Xie, K. O'Doneall, & H. C. Kistler. 2001. Soybean is a host for *Fusarium graminearum*. Page 136 in: Proc. *2001 National Fusarium Head Blight Forum*.
24. Parry, D. W., P. Jenkinson & L. Mcleod. 1995. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals- a review. *Plant Pathology* 44: 207- 238.
25. Prom, L. K., R. D. Horsley, B. J. Steffenson & P. B. Schwarz. 1999. Development of fusarium head blight and accumulation of deoxynivalenol in barley sampled at different growth stages. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* 57: 60- 63.
26. Shah, D. A., C. A. Stockwell, S. O. Kawamoto & G. C. Bergstrom. 2000. Spatial patterns of Fusarium head blight in New York wheat fields during the epidemic of 2000. Pages 174- 175 in: Proc. *2000 National Fusarium Head Blight Forum*.
27. Waggonor, P. E. & D. E. Aylor. 2000. Epidememiology: a science of patterns. *Annual Review of Phytopathology* 38: 71-94.