تخمین خواص اساسی بتن های با مقاومت بالا HSC با روش های آماری و شبکه های عصبی مصنوعی A.N.Ns و مقایسه آنها

مهدی رضائی، کارشناس ارشد سازه، دانشگاه صنعتی سهند تبریز
پست الکترونیکی Rezaee@SUT.AC.IR

محمد رضا چناقلو، استادیار گروه سازه، دانشگاه صنعتی سهند تبریز

پست الکترونیکی Mr_Chenaghlou@sut.ac.ir

حسن افشین، استادیار گروه سازه، دانشگاه صنعتی سهند تبریز

چکیده

بر آورد خواص بتن، بعنوان ماده ای مرکب بوسیله مدل های ریاضی و فیزیکی و بررسی تأثیر هریک از اجزاء طرح اختلاط در چگونگی تغییرات خواص آن، همواره مورد اهتمام دانشمندان حوزه عمران بوده است. تکثر پارامترهای تأثیر گذار در خواص بتن و ارتباط عمدتاً غیر خطی پارامترهای تأثیر گذار با خواص بتن و نیز زمان طولانی برای تعیین برخی از خواص بتن از عمدتاً دلایل این امر است. در این مقاله با استفاده از طرح اختلاط های بعمل آمده در محدوده بتن های رایج با مقاومت بالا در آزمایشگاه بتن دانشگاه صنعتی سهند توسط نویسندگان، با استفاده از مدل ها وشبکه های عصبی مصنوعی، نسبت به تخمین خواص اساسی بتن اقدام شده است. در هر دو مدل، معرفی طرح اختلاط بصورت داده های بدون بعد و داده های اصلاح شده انجام گرفته است. اگر چه در حالت اعداد بدون بعد تفوق شبکه های عصبی مصنوعی بر مدل های آماری قطعی است اما در حالت استفاده از اعداد اصلاح شده این امر چندان صادق نیست. هر چند که هر دو مدل در هرحالت، تخمینگرهای مناسبی از خواص مذکور هستند.

کلید واژه ها: شبکه های عصبی مصنوعی (A.N.Ns)، رگرسیون های چند بعدی، بتن های با مقاومت بالا (HSC)، اعداد بدون بعد، اعداد تصحیح شده، مقاومت فشاری.

۱- مقدمه

در دو دهه اخیر در ایران، با تولید بتن های با مقاومت بالا (HSC) گام بلندی بسمت بتن بعنوان مصالحی با تکنولوژی بالا، خواص ویژه اصلاح شده و عمر بیشتر و سازگار با اکولوژی برداشته شده است. همگام با پیشرفت تکنولوژی در سالیان اخیر تعریف بتن های با مقاومت بالا نیز تغییر یافته است. بر اساس تعریف ACI، امروزه بتنی را بعنوان بتن با مقاومت بالا می شناسیم که دارای مقاومت فشاری بالاتر از $۴۲۰\ Kg/cm^2$ باشد، برای بتنهای ساخته شده با سنگدانه معمولی و $۲۸۰\ Kg/cm^2$ برای بتن های ساخته شده با سنگدانه سبک

است، هر چند که این تعریف بستگی به شرایط جغرافیایی و تکنولوژی ساخت بتن دارد[1].

از جمله عمده مزایای بتن با مقاومت بالا می توان به مقاومت فشاری بیشتر، مدول الاستسیته بیشتر، نفوذ پذیری کمتر و دوام بیشتر اشاره کرد. بهبود خواص بتن های با مقاومت بالا در مقایسه با بتن های معمول با منظور کردن موارد زیر در طرح اختلاط صورت می گیرد[2].

۱- افزایش مقدار سیمان و استفاده از شن و ماسه مقاوم و با شکل مناسب.

۲- محدود کردن اندازه بزرگترین سنگدانه.

۳- استفاده از ماسه با مدول نرمی مناسب و نسبت ماسه به سیمان در محدوده معین.

۴- استفاده از مواد چسباننده ویژه همانند میکرو سیلیس و بکارگیری افزودنی های روان ساز در کنار کاهش نسبت آب به مواد چسباننده.

بدلیل تکثر پارامتر های تأثیر گذار در خواص بتنهایHSC، تا کنون روش طرح اختلاطی در آیین نامه های معتبر برای این نوع بتن ها پیشنهاد نشده است،ویژگیهای زیر ما را به استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی با الگوریتم پس انتشار خطا برای تخمین خواص بتن ترغیب می نماید[3].

۵- استخراج نگاشت مابین بردار ورودی (اجزای طرح اختلاط) و بردار خروجی (خواص مورد مطالعه) بصورت غیر صریح براساس طرح اختلاطهای جمع آوری شده برای آموزش شبکه، این نگاشت ممکن است ساده ویا بسیار پیچیده (غیر خطی) باشد.

۶- تشخیص داده های نوفه دار و زوادار کردن آنها که عمدتاً خواص اندازه گیری شده عاری از نوفه و خطا نیستند.

۷- امکان اصلاح و به روز کردن شبکه با توجه به طرح اختلاط های موفق بعمل آمده بر اساس شبکه عصبی مصنوعی.

میدانیم که طرح اختلاط ها عموماً از نوع مسایل (inverse problem)هستند، بدین معنی که انتخاب اجزاء طرح اختلاط با توجه به خاصیت مورد نظر انجام می گیرد و شبکه های عصبی مصنوعی توانایی عظیمی برای حل این نوع مسائل دارند که با توجه به اجزاء طرح بتوانند خاصیت مورد توجه را تخمین بزنند.

۲- اهداف تحقیق

عمده هدف این تحقیق بررسی امکان تخمین مقاومت های ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه، روانی و وزن مخصوص بتن های HSC با استفاده از رگرسیون خطی چند بعدی و شبکه های عصبی مصنوعی است. همچنین تأثیر تبدیل غیر خطی داده ها (نظیر لگاریتمی، رادیکالی، بدون بعد سازی و اصلاح داده ها) در مدل های آماری و (بدون بعد سازی و اصلاح داده ها) در مدلهای A.N.Ns مد نظر بوده است. با بررسی مدلهای مورد استفاده برای تخمین خواص بتن، ۴ مدل زیر برای تخمین خواص بکار رفتند:

$$I > y = a_0 + \sum_{i=1}^{n} a_i x_i$$

$$II > y = a_0 + \prod_{i=1}^{i=n} x_i^{a_i}$$

$$III > y = aX^b (c\ln(t) + j)$$

$$IV > y = a_0 + \sum_{i=1}^{n} a_i x_i + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_{i,j} x_i x_j$$

x_iاجزاء طرح اختلاط و y خاصیت مورد بررسی
Xنسبت آب به مواد سیمانی و a,b,c,j ثوابت، t سن بتن به روز
n تعداد اجزاء طرح اختلاط (۵ در حات بدون بعد و ۶ اصلاح شده)

مدلهای خطی (I)، بازیمال (II)، آی چنگ یه (III) قبلاً توسط محققین برای تخمین خواص بتن مورد استفاده قرار گرفته اند [4,5] و مدل تیلور (IV) پیشنهادی مؤلفین برای نخستین بار در این تحقیق برای تخمین خواص HSC و مقایسه کار آیی مدل های فوق با شبکه های عصبی مورد استفاده قرار گرفته اند.

روش مورد استفاده در طرح اختلاط بتن های HSC، روش پیشنهادی AITCIN است که با تغییراتی به صورت وزنی به کار برده شده است. در این روش نسبتهای بدون بعد ذکر شده در جدول ۱ برای معرفی یک طرح اختلاط با استفاده از گرافهای راهنما کفایت می کند. این تحقیق به روشنی نشان میدهد که استفاده از اعداد تصحیح شده در معرفی طرح اختلاط ها نسبت به اعداد بدون بعد نتایج تخمینی دقیق تری از خواص بتن را به همراه خواهد داشت، هر چند که هر دو تخمین نتایج قابل تخمینی به همراه دارند.

۳- جمع آوری داده ها و مدلهای در نظر گرفته شده

۳-۱- مصالح مورد مصرف

در ایـن تحقـیق با توجه به معادن شن و ماسه موجود در مـنطقه، میکروسـیلیس تولـید شده در ازنا که همخوانی لازم را با آئـین نامـه ASTM دارد، سـیمان تـیپ II پرتلند و فوق روان کنـنده لیگـنو سولفونات جهت ساخت بتنهای HSC استفاده شده است. با رعایت چهار چوب کلی طرح اختلاط بتن های با مقاومت بـالا و بدسـت آوردن نسبت ماسه به شن بهینه با استفاده از طرح اخـتلاطهای کمکی، نسبت آب به مواد سیمانی مطابق جدول ۱ در عـیار هـای مطـروحه مد نظر قرار گرفتند. در جدول ۱ Sf/C درصـد میکـرو سیلیس جایگزین سیمان، Sp/B نسبت فوق روان کـنـنده بـه مـواد چسـبنده (سیمان بعلاوه میکروسیلیس)، W/B نسـبت آب به مواد چسبانند، S/G نسبت ریز دانه به درشت دانه بهیـنه و B مقـدار مواد چسباننده است که برای معرفی یک طرح اختلاط مورد نیاز هستند.

لازم بـه ذکر است که این طرح اختلاط ها در نسبت ۵،۱۰ و ۱۵ در صد میکروسیلیس جایگزین سیمان و با مقدار ۰،۱،۲ و ۳ درصـد نسـبت فوق روان کننده به مواد سیمانی مورد استفاده قرار گـرفتند. خـواص مـورد انـدازه گیـری از ۱۰۸ طـرح اختلاط بالا مقادیـر مقاومت فشاری۷، ۲۸ و ۹۰ روزه، وزن مخصوص و روانی طرح ها است.

۳-۲- نوع داده های مورد استفاده

در این تحقیق با استفاده از اعداد بدون بعد W/B , SF/C,SP/B, B/400, (S/G)opt جـدول ۱ و بـا فـرض وزن مخصـوص ۲۵۰۰ Kg/m^3 مقادیر وزنی اجزاء طرح اختلاط بعمل آمده، اوزان

جدول شماره ۱: مشخصات طرح اختلاط

عیار مواد سیمانی B	نسبتهای $(S/G)_{opt}$	نسبتهای W/B	نسبتهای Sf/C	نسبتهای Sp/B
350	0/77	0/4 0/45 0/5	%15 %10 %5	%3 %2 %1 %0
400	0/75	0/45 0/40 0/35	%15 %10 %5	%3 %2 %1 %0
450	0/69	0/40 0/35 0/30	%15 %10 %5	%3 %2 %1 %0

ششگانه مقادیر طرح اختلاط را تصحیح شده و مورد استفاده قرار می گیرند. محدوده این مقادیر (اوزان مصالح مورد مصرف در یک متر مکعب طرح ها) در زیر آمده است:حدوده خواص اندازه گیری شده بتن های HSC در این تحقیق عبارتند از:

$$2123.33 \le \gamma_{(concrete)} \le 2628.33 (kg/m^3)$$
$$\gamma_{(Average)} = 2536.10 (kg/m^3)$$
$$0 \le Slump \le 22 (cm)$$
$$Slump_{(Average)} = 3.56 (cm)$$
$$86.5 \le f_c(7) \le 686.5 (kg/cm^2)$$
$$f_c(7)_{(Average)} = 446.56 (kg/cm^2)$$
$$122.5 \le f_c(28) \le 783.5 (kg/cm^2)$$
$$f_c(28)_{(Average)} = 565.49 (kg/cm^2)$$
$$170 \le f_c(90) \le 907.5 (kg/cm^2)$$
$$f_c(90)_{(Average)} = 614.85 kg/cm^2$$

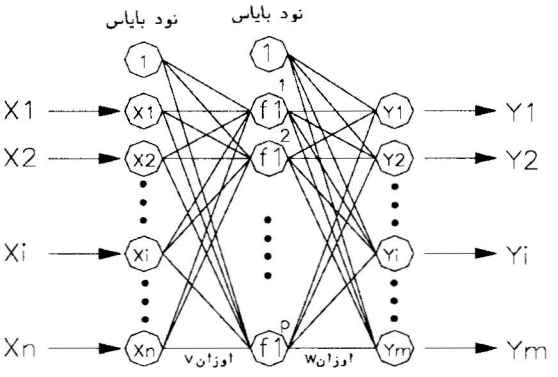
۳-۳ - آموزش و کنترل مدل ها

۳-۳-۱- مدل های آماری

در بررسـی کفایـت مدل های آماری مربع ضریب همبستگی، متوسـط مـربعات خطاهـا (SSE n)، متوسـط قـدر مطلق خطاها (AAE/n)، تعـداد خطاهای استاندارد خارج از محدوده ونیز توزیع نـرمال و نـا اریب خطا ها مورد بررسی قرار گرفتند، در حالیکه در شـبکه های عصبی مصنوعی فقط ۳ پارامتر اول مورد کنترل قرار گرفتند.

۳-۳-۲- مبانـی ریاضـی شـبکه هـای عصبی پس از انتشار خطا

اصـولاً الگوریـتم پـس انتشـار خطا از دو مسیر تشکیل می شـود، متغیـر هـای ورودی تصـویر شده به محدوده (0.9~1) با ضـرب در اوزان ارتباطـی، ورودی هـای نـرونهای لایه مخفی را تشکیل می دهند و پس از آن نیز خروجیهای لایه پنهان در اوزان ارتباطـی ضرب و به لایه خروجی منتقل می شوند. در این مرحله در خروجـی شبکه مقادیری تشکیل می گردد که نسبت به مقادیر هـدف دارای خطـا اسـت. پـس از محاسـبه مقـدار خطا در مسیر برگشـت بـا تـوجه بـه الگوریـتم بهیـنه سـازی مد نظر در جهت معکوس مسیر رفت اوزان ارتباطی تصحیح می گردند(شکل ۱).



شکل ۱: مشخصات یک شبکه پس انتشار خطا با یک لایه پنهان

چنانچه X_{n31} بردار آموزشی ورودی، Y_Kبردار خروجی محاسبه شده و t_K بردار خروجی هدف باشد (شکل ۱) اگر فرض کنیم که δ_kبخشی از اصلاح خطای مرتبط با نرون z_j از لایه پنهان که موجب اصلاح وزن V_{jk} می شود، و a_k و V_{oj}بترتیب سرعت یادگیری و بایاس نرون پنهان J باشد میتوان نشان داد که [3]:

$$Y_k = f(W_{ok} + \sum_{j=1}^{p} f(Zin).W_{jk})$$

$$Z_j = f(V_{oj} + \sum_{i=1}^{m} X_i.V_{ij})$$

$$\Delta W_{jk} = \alpha.(t_k - Y_k) f_k'(W_{ok} + \sum f(V_{oj} + \sum x_i.V_{ij}).W_{ij}).Z_j$$

$$W_{jk}(new) = W_{jk}(old) + \Delta W_{jk}$$

$$\Delta V_{ij} = \alpha.\sum_{k=1}^{m}(t_k - Y_k).W_{jk}$$

$$V_{ij}(new) = V_{ij}(old) + \Delta V_{ij}$$

عموماً برای آموزش یک شبکه، نیاز به دوره های زیاد تکرار میباشیم. پس از هر تکرار تابع کارایی که عموماً مجموع مربعات خطای حاصل از خروجی های محاسبه شده و خروجی های هدف است، محاسبه و با یک مقدار خطای از پیش تعیین شده مقایسه می شود. تکرار تا زمانی که خطای حاصله از خطای تعیین شده کمتر باشد و یا تعداد تکرارها بیشتر از حد مد نظر باشد ادامه خواهد داشت.

۳-۳-۲- مدل A.N.Ns

بر اساس تجارب چنگ یه ۱۰۸ طرح اختلاط بعمل آمده بر اساس جدول ۱ بصورت تصادفی به دو گروه آموزشی (۸۲ مورد) و کنترل کارائی شبکه (۲۶ مورد) تقسیم شدند. تمامی داده ها مورد استفاده برای اجتناب از اشباع شدن نرونها با استفاده از انحراف معیار و متوسط داده ها و با استفاده از توزیع نرمال به محدوده (۰/۹ ~ ۰/۱) نرمال شدند. شبکه مورد استفاده با تعداد یک و دو لایه پنهان و بصورت پیشخور با الگوریتم پس از انتشار خطا مورد استفاده قرار گرفتند (شکل ۲).

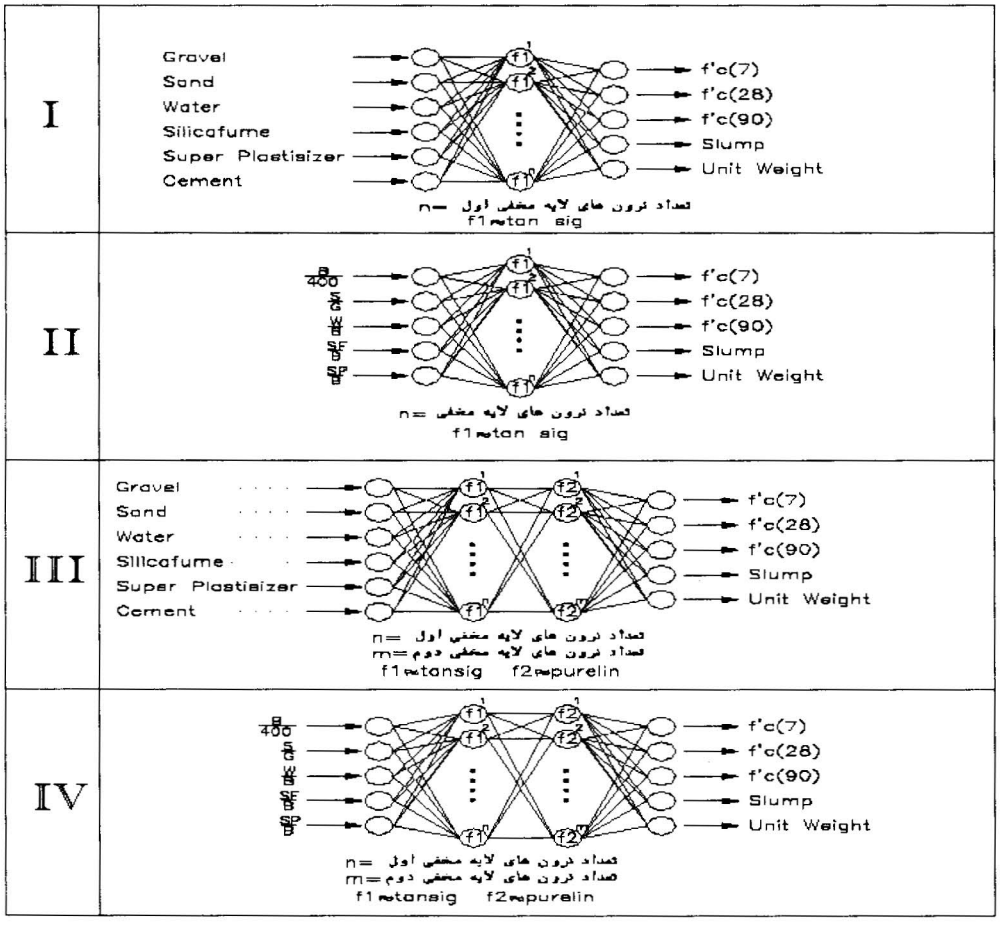
٤- تخمین خواص بتنهای HSC

٤-۱- فرم بدون بعد داده ها

نتایج جدول ۲ بیانگر این است که در حالت استفاده از اعداد بدون بعد، برای تخمین کلیه خواص مورد مطالعه، شبکه های عصبی مصنوعی بر مدلهای آماری رجحان دارند. تفوق مدل آماری معرفی شده (تیلور) بر سایر مدلهای آماری (خطی، بازیمال و چنگ یه) قابل ملاحظه است.

٤-۲- فرم اعداد تصحیح شده

بررسی جدول ۳ نشان می دهد که در حالت استفاده از اعداد تصحیح شده تفوق شبکه های عصبی مصنوعی بر مدل های آماری چندان صادق بنظر نمی رسد و مدل تیلور در تخمین مقاومت فشاری و روانی نسبت به A.N.Ns کارآتر است و تنها در تخمین وزن مخصوص است که A.N.Ns نسبت به مدل تیلور رجحان نشان می دهد. هرجند که هر دو مدل تخمین های مناسبی از خواص بتن را بهمراه دارند (در محدودهٔ ۱۰ ٪ ± از مقدار واقعی خاصیت اندازه گیری). لازم به ذکر است که تخمین اسلامپ با تصحیحاتی همراه است بدین معنی که مقادیر تخمینی منفی را صفر در نظر بگیرد. بدلیل اینکه داده های مورد استفاده از دقت مناسبی برخوردار هستند و فضای ۵ بعدی (در حالت اعداد بدون بعد) و ۶ بعدی (در حالت اعداد تصحیح شده) را با استفاده از طرح اختلاط های مد نظر به شبکه ای منظم با فواصل مساوی تقسیم می کنند، دقت حاصل در تخمین خواص بتن بدون حذف هیچ داده نوفه داری از مطالعات انجام شده بیشتر است.



شکل ۲: مشخصات شبکه های مورد استفاده

جدول ۲: نتایج حاصل از تخمین داده های کنترلی با اعداد بدون بعد

predictor	A.N.Ns					M.R(Tailor)				
	F'c(7)	F'c(28)	F'c (90)	slump	unitweight	F'c(7)	F'c(28)	Fc'(90)	slump	Unitweight
R	0/773	0/804	0/825	0/925	0/914	0/765	0/643	0/553	0/938	0/770
AAE/n	41/96	62/93	53/49	1/49	34/32	60/20	78/05	81/98	1/19	47/28
SSE/n	4019	5978	4954	7/6	2686	6674	1041۲	13299	3/0	4425

predictor	M.R(Linear)				
	F'c(7)	F'c(28)	Fc'(90)	slump	Unitweight
R	0/621	0/436	0/518	0/803	0/616
AAE/n	77/76	86/53	89/09	2/74	59/47
SSE/n	10016/6	14563/3	14043/8	10/4	6746/7

جدول ۳: نتایج حاصل از تخمین داده های کنترلی
بااعداد تصحیح شده

مدل تیلور	F'c(7)	F'c(28)	F'c (90)	slump	unitweight
	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	cm	Kg/m^3
R	0/923	0/946	0/944	0/957	0/933
AAE/n	41/2	38/0	39/2	0/9	9/8
SSE/n	2655/1	1988/6	2634/1	1/9	160/7

A.N.Ns	F'c(7)	F'c(28)	F'c (90)	slump	unitweight
R	0/895	0/903	0/949	0/920	0/956
AAE/n	51/710	53/358	43/230	1/751	24/092
SSE/n	4215/9	4350/8	3274/1	7/1	1203/0

۵- نتیجه گیری

۱- در مدل های آماری و شبکه عصبی مصنوعی استفاده از اعداد تصحیح شده در تخمین تمام خواص دقت بیشتری در مقایسه با اعداد بدون بعد و خام بهمراه دارد.

۲- مدل تیلور پیشنهادی نسبت به سایر مدل های آماری تخمین گر مناسبی از خواص بتن می باشد.

۳- مدل شبکه عصبی مصنوعی و مدل تیلور پیشنهادی در محدوده قابل قبولی (۱۰ ٪ ± خاصیت مورد اندازه گیری) تخمین گرهای مناسبی از خواص بتن هستند که می توان برای حدس اولیه اجزاء طرح اختلاط بکار برد.

مراجع:

[1]"State of-the-Art Report on high –Strength Concrete", ACI 363R-92, Reapproved, 1997.

[2]Atcin, P.C , "The Art and Science of High Performance Concrete",E&FN Spon Press,1998

[3]Fausett, L,"Fundamentals of Neural Networks", PrinceHall Company, 1994.

[4]Dias, W.P.S. Pooliyada, S.P, "Neural Networks for Predicting Properties of Concrete with Admixture", Journal of Construction and Building Materials, pp. 371-379, 2001.

[5]Yeh, I.C, "Modeling Concrete Strength with Augment-Neuron Networks", Journal of Material in Civil Engineering, Vol.10, No.4, pp.263-268, 1998

[6]Patterson, D.W., "Artificial Neural Networks; Theory and Application".Prince Hall Company, 1995.

Estimating the Properties of Fundamental High Strength Concrete with Statistical Methods and A.N.Ns and their Comparison

Mahdi Rezaee
Civil Engineering Faculty, Sahand University, Tabriz
Rezaee@SUT.AC.IR

Mohammad Raza Chenaghlou
Assistant Professor, Sahand University, Tabriz
Mr_Chenaghlou@sut.ac.ir

Hasan Afshin
Assistant Professor of construction,Civil Engineering Fa culty,
Sahand University Tabriz

Civil engineers and scientists usually have attempted to estimate properties of concrete as combined material by mathematical and physics models and they evaluate the influence of elements of mixing design in the way of features varing. The main cause of this case in enlarqing influencing parameters in properties of concrete and mainly the relation of unlinear influencing parameters with concrete features and taking long time for determining some concrete features.

In this research, we have attempted to estimate main feature of concrete by designing applied mixing in the field of common concrete with high strength in Sahand laboratory by taking use of artificial nervous nets and models, in both of these famous models mixing plan as data un dimension numerical completely go together with A.N.Ns in statistic models, this fact is not true in the case of using corrected numbers.

Both of these models are good assessment of mentioned properties.

Key Words: Artificial Nervous Nets, Multi –Dimensional, Regression, High Strength Concrete, Non - Dimensional Numerical