فصل سوم: آنالیز شیمیایی نمونه ها و تحلیل دقت آنالیزهای دستگاهی

۳-۱- آماده سازی و آنالیز نمونه ها

در حقیقت بخشی از مرحله آماده سازی نمونه ها با انتخاب قطر بهینه ذرات بوسیله الک ۸۰ مش در صحرا انجام می گیرد که با توجه به موارد پر شماری که در نمونه برداری مورد نظر است یکی از بهترین اندازه ها برای نمونه ژئوشیمی است. مگر در موارد و اهداف خاصی که از الکهای با درجات مختلف و به ویژه ۴۰ مش استفاده می شود.

نمونه ها پس از کنترل نهایی شماره همراه با لیست مربوطه برای آنالیز به آزمایشگاه ارسال می شود. سیر آماده سازی نمونه ها با خردایش آغاز و با پودر کردن نمونه ها به قطر ۲۰۰ مش ادامه می یابد. نمونه ها پس از همگن سازی اولیه در حجمی حدود ۲۵ سانتی متر مکعب تا حدود ۲۰۰ مش پودر شده و ما بقی آنها به صورت بایگانی ذخیره می شود.

نوع و تعیین روش آنالیز و عناصر مورد درخواست به گسترش واحدهای سنگی گوناگون، نوع کانی سازی موجود در ناحیه مورد مطالعه و دیگر عوامل بستگی دارد. الگوهای متداول در تجزیه شیمیایی عناصر را امروزه روشهای اسپکترومتری، جذب اتمی، کالوریمتری ، اسپکتروگراف تابشی و فلوئورسانس اشعه X تشکیل می دهند. در طرح اکتشافات ژئوشیمیایی در محدوده ۱:۲۵۰۰۰ لنجان ۱، نمونه ها در آزمایشگاه ICP شرکت زرآزما برای ۴۴ عنصر مورد آنالیز قرار گرفت که روش آنالیز عناصر و حد حساسیت آنها در جدول ۳-۱ در زیر آمده است.

۳-۲- تحلیل دقت آنالیزهای دستگاهی

۳-۲-۱-تحلیل دقت داده ها

یکی از مهمترین مسائل در کلیه روشهای مطالعاتی، قبل از اقدام به هرگونه پردازشی، اطمینان از سلامت داده های موجود می باشد. بدین منظور می توان از نمونه های استاندارد، نمونه های کنترلی، نمونه های فاقد هرگونه کانی زائی(Blank Samples) و نمونه های تکراری استفاده نمود.

جهت تخمین میزان خطـای آنالیز شیمیـائی علاوه بر روشی که توسط تامپسـون و هاوارد (Thompson & Howard 1978) در جلد دوم هند بوک ژئوشیمی اکتشافی توصیه گردیده، از رابطه زیر نیز استفاده شده است که حاصل آن خطای نسبی روش آنالیز را نشان می دهد.

رابطه (۱-۲)

$$R.A.E.\% = \frac{2}{n}\sum\frac{|x_1 - x_2|}{x_1 + x_2}\times 100$$

جدول ۳-۱: حد حساسیت و روش آنالیز برای عناصر مختلف

Element	units	Detection limit upper	method		Element	units	Detection limit upper	method
Au	ppb	1	FA3		Hg	ppm	0.05	IC3M
Cr	ppm	2	IC3E		Ag	ppm	0.01	IC3M
Mn	ppm	2	IC3E		As	ppm	0.5	IC3M
Ni	ppm	2	IC3E		B	ppm	0.5	IC3M
Pb	ppm	0.2	IC3E		Bi	ppm	0.1	IC3M
Sr	ppm	0.1	IC3E		Co	ppm	0.2	IC3M
Ba	ppm	0.2	IC3E		Cu	ppm	0.2	IC3M
Be	ppm	0.2	IC3E		Mo	ppm	0.1	IC3M
Ti	ppm	10	IC3E		Sb	ppm	0.1	IC3M
Fe	ppm	100	IC3E		Zn	ppm	0.2	IC3M
Al	ppm	10	IC3E		Sn	ppm	0.2	IC3M
La	ppm	10	IC3E		W	ppm	0.1	IC3M
Sc	ppm	1	IC3E		Cs	ppm	0.1	IC3M
Ca	ppm	10	IC3E		Nb	ppm	0.5	IC3M
Li	ppm	0.5	IC3E		U	ppm	0.02	IC3M
P	ppm	5	IC3E		Te	ppm	0.2	IC3M
V	ppm	2	IC3E		Cd	ppm	0.1	IC3M
Mg	ppm	10	IC3E		Rb	ppm	0.1	IC3M
K	ppm	10	IC3E		Th	ppm	0.02	IC3M
Na	ppm	10	IC3E		Y	ppm	0.05	IC3M
S	ppm	50	IC3E		Ce	ppm	0.5	IC3M
Zr	ppm	5	IC3E		Tl	ppm	0.1	IC3M

رابطه فوق مستقل از مقدار نسبی غلظتهای اندازه گیری شده است و فقط اختلاف بین مقادیر اندازه گیری شده را جهت برآورد خطا منظور می نماید. در حالی که بزرگی مقادیر و نزدیکی یا دوری آنها از حد قابل ثبت روش آنالیز مسائل مهمی است که باید در نظر گرفته شود. در این رابطه، n تعداد نمونه های تکراری و X_1 و X_2 مقادیر عیار نمونه های اصلی و تکراری است.

در روش ارائه شده توسط تامپسون و هاوارد همه این مسائل مد نظر قرار گرفته شده است. در این روش، بر روی محور افقی یک سیستم مختصات تمام لگاریتمی، میانگین جفت نمونه ها و بر روی محور قائم، قدرمطلق اختلاف بین آنها آورده شده است. خطوط مایل در این نمودار معرف دقت مورد نظر با سطح اعتماد معین است که در نمودار استاندارد معرفی شده در هندبوک خطـای استاندارد معادل با ۱۰٪ می باشد. معادله این خطوط را می توان بصورت زیر تعیین نمود:

اگر میزان تغییرات انحراف معیار در غلظتهای مختلف (S_c) را بخواهیم بصورت تابعی از غلظت (c) و انحراف معیار در غلظت صفر (S_0) بیان کنیم خواهیم داشت: $S_c = S_0 + K_c$

با استفاده از رابطه $P_C= 2S_C / c$ و پارامترهای S_0 و k می توان دقت آنالیز P_C در غلظت c را با رابطه زیر تعریف نمود:

$$P_C = 2S_0 / c + 2K$$

بنابراین، عبارت 2k معادل با دقتی است که در غلظتهای به اندازه کافی دور از حد قابل ثبت آنالیز، قابل دستیابی است.

تامپسون و هاوارد روابط تجربی زیر را برای رسم خطوط مایل با دقت مورد نظر و سطوح اعتماد ۹۰ درصد و ۹۹ درصد ارائه کرده اند: $d_{90} = 2.326(S_0 + K_c)$ و $d_{99} = 3.643(S_0 + K_c)$

برای رسم نمودار کنترلی، خطای استانداردی معادل با ۱۰ درصد در نظر گرفته شده است. لذا جهت تعیین معادله خطوط مایل و رسم آنها، با فرض اینکه(S_0=0) باشد خواهیم داشت: $S_C = 0.05_c$

بدین ترتیب، با محاسبه میانگین و قدر مطلق اختلاف بین هر جفت نمونه می توان یک نقطه بر روی نمودار کنترلی در اختیار داشت. لذا تعداد نقاطی که در نمودار فوق مشاهده می شود با تعداد جفت نمونه ها برابر خواهد بود. حال اگر مجموعه نقاط بگونه ای در نمودار توزیع شوند که ۹۰٪ آنها زیر خط d_{90} یا ۹۹٪ آنها زیر خط d_{99} قرار گیرند، در اینصورت با اطلاعات موجود می توان خطای آنالیز را بیش از ۱۰٪ و یا کمتر از آن دانست. البته با توجه به تعداد جفت نمونه های تکراری می توان استفاده از هر یک از خطوط فوق را انتخاب نمود. در این نمودارها، در شرایطی که خطای آنالیز از حد استاندارد بالاتر باشد، نمی توان درصد خطا را تعیین نمود و لازم است از نمودارهای دیگری که خطاهای بالاتر را نشان می دهند، بهره گرفت.

در این پروژه جهت تعیین خطای آنالیز، ابتدا از نمودارهای کنترلی استاندارد(با خطای ۱۰ درصد و سطوح اعتماد ۹۰ و ۹۹ درصد) استفاده شده است. در صورتیکه خطای آنالیز از ده درصد بیشتر باشد برای تعیین میزان خطا، بر اساس همان روابط بالا نمودار دیگری ترسیم شده که فقط در سطح اعتماد ۹۰ درصد خطوط معادل با خطاهای بالاتر نیز لحاظ گردیده تا بتوان درصد خطا را بصورت دقیق تر تعیین نمود.

به منظورکنترل دقت آزمایشگاه وارائه نتایج تجزیه شیمیایی نمونه های ژئوشیمیایی،۳۰ نمونه تکراری بطور کاملاً تصادفی از نمونه های اولیه برداشت گردیده که در جدول (۳-۲) لیست این نمونه ها بهمراه عیار آنها آورده شده است. کنترل خطا به دو روش محاسباتی و گرافیکی محاسبه شده است. در جدول ۳-۳ درصد خطای آنالیز عناصر مختلف آمده است. نمودار کنترلی متغیرهای اندازه گیری شده برای عناصر Au و Mn در اشکال ۳-۱ و ۳-۲ آمده است. مابقی نمودارها در پیوست شماره ۲ آورده شده است. البته لازم به توضیح است که قبل از هرگونه محاسبه ای، مقادیر سنسورد جایگزین شده اند.

جدول ۳-۲: نتایج حاصل از آنالیز ۳۰ جفت نمونه تکراری و اصلی در منطقه اکتشافی لنجان ۱

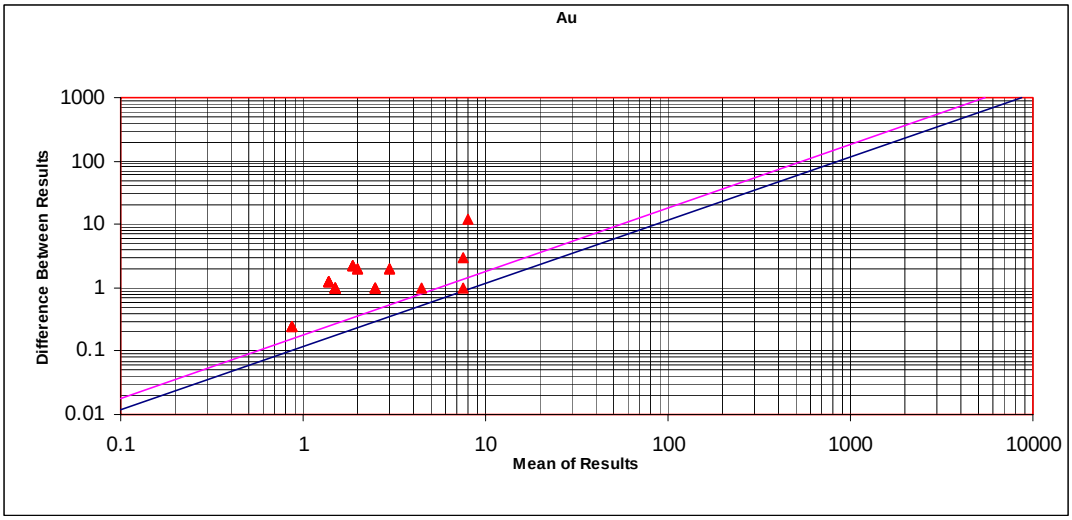
شماره نمونه / عنصر	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری
	1	239	5	241	10	242	15	244	18	245	60	246	62	240	72	243	77	254	86	238	87	260	97	249	105	248	121	262	124	263
Au	3	0.75	3	0.75	0.75	3	1	2	3	1	1	0.75	2	2	3	2	14	2	1	0.75	1	2	0.75	2	1	3	2	0.75	2	3
Cr	188	181	137	140	99	108	771	648	301	240	118	119	95	110	139	154	336	426	139	106	145	138	95	70	189	191	143	130	174	151
Mn	1100	1180	1210	1240	1040	1030	1790	1810	1310	1330	1030	1030	1040	1070	1110	1100	1040	1140	987	953	950	989	614	703	1370	1470	1360	1570	1090	1220
Ni	47	50	49	52	50	50	104	114	93	95	68	67	52	52	58	55	47	49	40	38	50	50	41	43	88	89	69	71	63	67
Pb	17.2	5.6	15	8.1	15.1	11.9	12	13.1	10.7	12	11.3	15.3	16.3	21.6	8	9.2	6.2	10.2	3.8	7	13.3	18.8	10.7	11.3	10.9	13.1	6.2	8.4	8	9.4
Sr	155	190	152	186	216	246	141	165	189	221	254	243	163	165	151	145	115	119	176	169	232	223	167	163	285	261	259	239	233	215
Ba	204	231	226	245	243	250	198	203	318	329	308	311	327	345	238	236	137	147	172	171	227	241	177	198	264	279	249	270	266	292
Be	0.2	0.15	0.3	0.2	0.5	0.4	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	0.5	0.6	0.5	0.4	0.3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.3	0.3	0.5	0.3	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5
Ti	3230	4420	3480	4600	5260	6550	5930	27500	5870	8440	5600	5300	5440	5500	4080	3860	6230	6710	3850	3760	4780	4900	3810	4120	5930	5750	6080	6140	6000	6010
Fe	53400	59900	54000	61200	48000	50400	89600	102000	58300	63400	47400	48100	47700	48900	52600	52800	72400	79600	51300	50300	49400	49500	37700	40100	58300	58100	55000	57300	51800	52700
Al	72900	87100	79100	91700	63300	69100	65200	72700	71200	82700	67500	72300	73400	81700	75000	79500	60100	68200	71700	78200	66700	73300	52600	53200	99300	96700	86900	89700	85600	81300
La	7.5	7.5	7.5	7.5	14	15	12	15	14	17	19	19	18	19	12	12	7.5	7.5	7.5	7.5	10	11	17	18	21	22	17	20	17	18
Sc	36	43	31	36	22	25	48	53	27	32	23	23	22	23	30	30	44	48	31	32	28	29	15	16	38	37	28	30	28	28
Ca	34500	38300	36300	39000	92400	93500	64700	65200	67100	68100	69000	69500	55700	58300	58600	57600	54000	59300	65900	65200	76400	80200	96700	95900	37800	35800	51600	51500	58300	57400
Li	38.2	20.6	26.3	24.2	22.9	22.7	22.3	24.6	27.8	29.1	28.1	23	28.5	25.5	32	25.9	24.4	22.5	25.3	21.9	26.3	22.5	23.7	21.9	31.1	25.4	29.4	26.4	32.4	28.7
P	269	301	362	397	423	428	442	617	602	619	368	424	438	518	264	304	142	175	196	226	272	329	300	328	887	924	546	570	579	619
V	205	212	191	196	175	171	145	506	206	229	156	152	153	155	175	168	303	334	181	174	183	183	111	118	215	214	197	198	184	188
Mg	34300	39500	32700	37300	23100	24500	35600	39600	29000	31800	23500	24000	18300	19600	31900	32100	38500	41800	30200	30400	27500	28200	14400	15100	33700	33700	26600	27500	26600	26800
K	6460	4930	7540	5420	8480	5310	5780	4030	9600	5470	14000	4260	12000	7460	9820	5450	8630	3410	9870	4890	10200	5190	6180	5070	12800	8430	11500	4970	8380	5090
Na	31400	21900	32300	20200	17000	10700	15900	10000	19400	12100	20100	10900	15300	8930	28400	15500	25300	14600	35700	20000	28600	15800	7100	4290	27600	15400	21500	12300	21600	12000
S	220	240	250	250	580	570	380	390	440	460	580	540	500	470	440	390	370	370	490	410	620	580	550	620	230	230	320	370	360	410
Zr	34	38	42	42	59	63	10	79	50	70	68	64	63	67	47	47	34	35	35	36	42	44	49	50	61	61	45	61	60	59
Hg	0.07	0.0375	0.05	0.0375	0.05	0.05	0.05	0.0375	0.0375	0.0375	0.0375	0.0375	0.0375	0.0375	0.0375	0.0375	0.0375	0.0375	0.05	0.0375	0.06	0.0375	0.0375	0.0375	0.06	0.0375	0.1	0.0375	0.06	0.0375
Ag	0.25	0.18	0.2	0.24	0.88	0.29	0.21	0.45	0.31	0.34	0.37	0.45	0.31	0.31	0.27	0.25	0.2	0.14	0.21	0.17	0.24	0.26	0.24	0.22	0.26	0.27	0.26	0.26	0.24	0.27
As	2.6	3.8	2.4	4	10.1	9.6	4.6	18.3	6	7.9	8.5	10	7.9	9.9	5.4	7.6	6	7.8	3.8	4.5	5.3	6.2	8.7	9.1	4.1	4.6	6.5	6.3	6	6.2
B	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375
Bi	0.4	0.3	0.5	2.3	0.4	1	0.4	0.7	0.1	0.7	0.4	0.7	0.4	0.5	0.2	0.7	0.3	0.7	0	0.3	0.1	0.3	0.5	0.9	0.5	0.8	0.3	0.4	0.3	0.4
Co	29.7	29.4	30.5	29.3	25.4	23.5	38.2	39.9	29.7	28.3	23.3	22.5	20.2	20.4	25.3	25.2	27.4	28.5	25.7	23.8	23.4	21.3	16	15.5	33.3	30.9	26.7	23.1	24	21.3
Cu	82.3	82.9	73.5	83.8	57	60.9	35.3	67.7	45.1	53.3	51	56.8	50.5	59.2	60.9	69.9	52	62.5	62.8	67.7	53.5	56.9	33.7	36.1	76.2	75.1	73.1	70.4	60.7	59.9
Mo	0.4	0.2	0.3	0.2	0.6	1.1	0.2	0.8	0.5	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.5	0.8	0.4	0.4	0.3	0.2	0.5	0.4	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4
Sb	0.2	0.2	0.2	0.3	0.7	1.6	0.2	2.8	0.5	1.2	0.7	1.1	0.7	1.1	0.4	0.9	0.7	1	0.3	0.3	0.5	0.7	0.9	1.5	0.5	0.7	0.6	0.8	0.7	0.9
Zn	92	102	90.8	95	88.8	89.2	135	139	109	112	63.9	89.5	102	150	57.6	84.8	66.1	103	53	70.4	75	104	56.2	61.3	99.7	99.3	87.7	84	80.2	80.8
Sn	0.6	0.6	0.6	0.7	1.1	1.1	0.5	1.9	1	1.1	1.3	1.2	1.2	1.2	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.8	0.8	1	1.1	1	0.9	1	0.9	0.9	0.9
W	0.3	0.1	0.3	0.2	0.5	1.3	0	0.6	0.4	0.9	0.7	0.8	0.6	0.6	0.4	1.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.4	0.6	0.5
Cs	1.3	1.6	1.6	1.9	2.6	3	1.1	1.3	2	2.3	4.9	4.7	4.1	4	2.9	2.8	1.7	1.7	1.7	1.7	2.6	2.4	2.3	2.4	2.6	2.7	2.5	2.4	3.3	3.5
Nb	1.7	2	2.2	2.6	4.8	6	1.5	11.8	4.6	6.3	6.7	6.7	6	6.2	3.6	3.9	2.1	2.3	1.9	1.9	3.2	3.3	3.9	4.6	4.4	4.8	4.5	4.6	4.3	4.5
U	0.38	0.44	0.52	0.58	0.91	0.95	0.75	0.85	0.88	0.98	1.08	1.11	0.97	1.07	0.73	0.75	0.49	0.57	0.43	0.46	0.65	0.68	1.03	1.04	1.37	1.36	1.08	1	1	0.96
Te	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.5	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Cd	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Rb	20.2	20.7	26.6	25.7	37.5	31.9	25.4	24.2	41.9	34.2	35.3	31.5	29.5	52.1	19.4	31.2	13.7	14.9	15.2	20	18.7	25.3	23.8	37.5	41.1	55.2	34.6	30.1	26.7	31.5
Th	1.3	1.5	1.82	2.13	3.26	3.63	1.46	1.77	2.74	3.33	4.82	5.15	4.19	4.47	2.8	3.01	1.66	1.97	1.55	1.61	2.14	2.33	4.3	4.45	5.41	5.4	4.29	4.22	4.14	3.94
Y	12.3	14.7	13.4	16.1	15.3	17.6	21.8	26.5	17.2	20.4	16.2	17.9	14.8	16.6	12.7	14.8	12	14.6	12.7	13.7	13.2	14.6	14.8	14.4	22.5	20.3	23.3	20.2	20.1	17.9
Ce	10.5	15.2	13.6	20	26	34.1	24.9	35.7	26.6	37.3	34.4	44.1	32.1	39.8	22.2	28.2	15.8	22.3	13.5	15.4	18.7	23.7	34.2	37.5	45	48.8	35.9	40.1	32.1	35.6
Tl	0.1	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2

ادامه جدول ۳-۲: نتایج حاصل از آنالیز ۳۰ جفت نمونه تکراری و اصلی در منطقه اکتشافی لنجان ۱

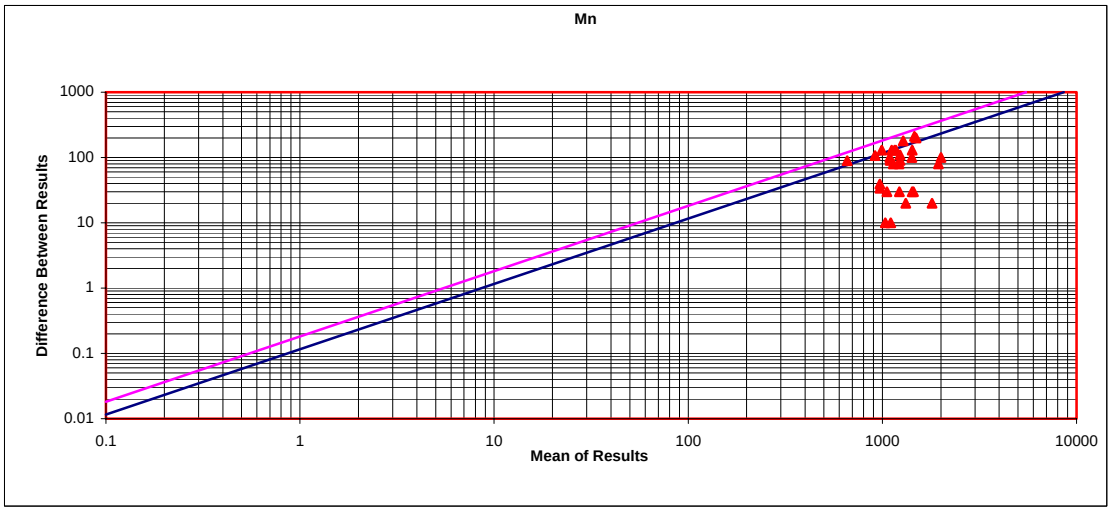
نوع نمونه	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری	اصلی	تکراری
عنصر	128	265	143	257	150	247	8	7	9	155	259	158	264	184	252	189	266	196	256	210	250	211	251	215	267	216	255	225	258	227	261			
Au	1	1	1	2	1	2	8	7	9	6	4	5	3	2	0.75	2	2	2	0.75	1	0.75	2	1	2	1	2	4	2	4	2				
Cr	99	122	91	94	138	149	86	108	82	86	81	76	153	160	114	121	135	166	141	172	156	193	193	185	183	234	172	220	166	185				
Mn	930	1060	864	971	1430	1460	1410	1440	1950	2050	1900	1980	1050	1180	1050	1140	1110	1240	1390	1590	1360	1490	1180	1260	1190	1370	1190	1280	1180	1290				
Ni	57	56	47	53	86	90	50	54	48	52	44	48	70	65	65	57	74	73	92	85	96	91	85	73	91	88	67	73	63	68				
Pb	9.5	6.8	13.9	11	59.8	59	8.3	9.3	22	23.5	19.3	19.9	49	45.7	20.1	26.5	108	107	62.5	61	207	212	124	111	310	299	69.5	72.7	69.4	73.1				
Sr	240	232	207	214	153	155	183	181	151	150	143	144	216	216	207	223	227	229	186	188	192	202	281	286	203	208	231	240	259	263				
Ba	266	289	231	244	464	452	232	228	295	296	290	296	317	335	285	302	313	323	502	526	404	434	306	315	371	407	312	335	281	302				
Be	0.5	0.4	0.3	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.4	0.4	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6				
Ti	5340	5270	4430	4670	5970	5870	8270	8190	6820	6990	7100	7330	6380	6180	7550	7300	9460	9280	7090	7170	6180	6240	11600	10800	8010	8300	10000	10600	10800	11400				
Fe	46300	48500	44400	48300	55600	56900	60300	60500	54600	55300	57800	58100	55300	53100	59400	59000	61100	59600	51200	48900	56700	54800	66900	61900	58900	58500	59200	62300	56100	59800				
Al	72200	70400	68800	73800	90100	93900	87600	90100	85300	85400	85700	86500	78600	85500	80500	85600	80400	83800	79300	85200	83800	90600	78200	81200	79700	87000	84300	88100	76100	79300				
La	17	17	16	18	12	12	18	20	18	19	18	19	11	12	13	13	15	17	15	16	15	16	13	13	12	13	15	16	16	17				
Sc	22	22	22	23	31	31	28	28	26	26	26	26	29	30	27	29	28	28	24	25	27	29	32	31	29	31	33	34	31	32				
Ca	77700	82600	86200	82800	43900	39500	46700	42000	35300	33200	36000	34200	51800	55800	40800	47600	48700	51900	50900	56900	39100	42200	58700	65300	48900	55300	50500	54500	57600	62100				
Li	27.5	23	31.7	25.4	39.7	30.3	36.9	28.7	33.3	26.8	34	28.7	35.7	26.8	34.4	25.9	35.1	28.1	32.7	26.4	39.6	32.6	33.8	24.6	35.4	31.3	29.3	29.1	25.7	26.5				
P	475	454	432	471	781	781	558	567	564	580	606	648	514	531	594	570	617	630	672	697	570	613	598	566	547	594	586	631	584	606				
V	162	160	160	162	223	207	222	208	187	180	185	179	190	192	189	186	216	217	186	187	192	199	264	248	216	229	234	252	230	247				
Mg	20600	22300	21600	22900	30900	31100	23300	23400	21100	21100	20800	21100	28900	30100	26400	29000	26100	26800	20200	20900	28200	29100	31800	33500	29200	30800	29400	31100	27300	28700				
K	9740	6990	10700	3680	18100	8660	13200	7060	14600	9790	8690	10300	14300	6280	10100	7590	13900	6740	13600	11100	14600	11500	9600	9050	10000	5980	6220	5890	8090	5460				
Na	15800	15000	17600	10900	22100	13100	23300	13700	19200	11700	21300	12800	28400	16400	25300	24600	21800	12300	18800	11200	20700	12400	23300	21900	22400	13900	14000	14400	11700	12100				
S	500	560	490	550	240	260	270	350	210	240	190	230	400	400	310	300	370	370	390	410	270	290	420	420	360	390	320	370	430	460				
Zr	50	53	48	47	67	63	65	72	61	53	79	61	56	59	66	70	78	74	66	69	59	63	70	72	59	61	73	73	74	74				
Hg	0.07	0.0375	0.22	0.0375	0.21	0.038	0.24	0.0375	0.12	0.0375	0.11	0.0375	0.07	0.0375	0.06	0.0375	0.07	0.0375	0.06	0.0375	0.05	0.0375	0.06	0.0375	0.06	0.0375	0.06	0.0375	0.038	0.0375				
Ag	0.25	0.27	0.38	0.26	0.41	0.34	0.37	0.37	0.39	0.3	0.36	0.33	0.38	0.29	0.35	0.36	0.47	0.38	0.37	0.35	0.39	0.38	0.44	0.47	0.43	0.41	0.37	0.33	0.38	0.38				
As	7.9	7.3	6.9	8	14.2	14.4	15.7	16.1	15.5	14.7	13.1	14.4	9	8.1	8.3	8.2	12.4	12.1	33.4	36.6	18.3	20.2	9.2	9.2	15.4	16.2	9.7	9	10	9.1				
B	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375				
Bi	0.1	0	0	0.6	0	0.9	0	0.6	0.3	0.5	0.4	0.5	0	0.7	0	0.1	0	0.6	0.3	0.8	0.3	0.8	0.3	0.1	0.3	0.6	0.1	0.5	0.3	0.5				
Co	22	20.5	19.6	19.4	34	31.3	25.7	24.3	26.8	23.6	25.3	24.3	27.8	23.2	25.3	26.2	28.2	24.9	27.6	27	27.8	28.1	26.7	28.2	26.5	26.2	25.4	24.9	25.3	24.2				
Cu	52.2	61.2	54.5	52.2	66	59.4	98	93.1	114	96.7	106	101	70.1	58.6	75.3	81.5	78.5	70	55.2	54.8	65.5	65.7	57.8	62.7	58.2	58.3	64.3	61.5	62.4	58.4				
Mo	0.4	0.7	0.4	0.4	0.5	0.5	1.2	0.7	1	0.5	0.7	0.5	0.5	0.3	0.5	0.4	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5				
Sb	0.8	0.9	0.7	1.1	2	3.2	1.5	1.8	1.2	1.5	1	1.5	0.9	1.3	0.7	0.8	1.1	1.8	2.5	4.5	3.2	3.6	1.2	1.2	1.7	3.1	1.6	1.7	1.8	1.7				
Zn	81.5	83.1	81.7	79	283	254	100	98.5	141	121	169	165	201	165	159	148	210	179	151	142	467	461	210	199	300	286	198	189	198	180				
Sn	0.9	1	0.8	0.8	0.8	0.8	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1	0.8	1.2	1.1	1.4	1.1	1.2	1.9	1	0.9	1.3	1.2	1	0.9	1.1	1.1	1.2	1.2				
W	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5	1.5	0.6	1.3	0.6	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6	0.5	1	1	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.4	0.4				
Cs	2.3	2.3	2.2	2.1	6.5	6.1	3.6	3.5	4.2	3.8	3.9	3.9	3.2	2.8	3	3.2	3.3	3.1	3.5	3.6	3.5	3.7	2.7	2.8	3	3	2.6	2.6	2.8	2.7				
Nb	4.1	4.3	3.8	4	4.2	4.1	7.1	6.5	6.4	6	5.9	6.3	4.6	3.9	5.9	6.2	7.6	7.1	5.7	5.6	4.6	4.8	6.2	6.5	4.9	5	6.2	6.2	7.1	6.9				
U	1	1.02	0.89	1	0.77	0.8	0.84	0.85	0.85	0.78	0.78	0.77	0.77	0.68	0.75	0.83	0.93	0.9	0.95	0.99	0.9	0.98	0.88	0.96	0.8	0.84	0.88	0.87	0.96	0.94				
Te	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.6	0.15	0.5	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15				
Cd	0.2	0.1	0.2	0.2	0.6	0.6	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.9	0.9	0.5	0.4	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4				
Rb	33.4	37.4	42.8	23.3	66.9	49.5	59.3	49.2	66.3	65.3	39	68.7	47.4	33.1	36.7	39.1	55.6	42.3	52.3	71.7	54.1	70.9	33.8	46.4	35.8	44.4	37.1	33.3	50.2	33				
Th	4.03	3.84	3.82	4.13	2.46	2.36	3.85	3.61	4.07	3.49	3.73	3.45	2.62	2.3	2.77	2.84	3.32	3.27	3.53	3.72	3.59	3.91	2.69	2.74	2.7	2.78	2.93	2.96	3.31	3.15				
Y	19.5	15.9	15.4	15.8	18.3	17.7	18	20.7	22.2	20.3	20.7	20.1	20.5	17.5	20	19.8	22	19.5	18.3	17.9	17.8	17.8	20.8	20	18	17.8	19.8	19.8	19.5	19.4				
Ce	33	35.2	33.3	35.8	26.7	26.9	38.5	39.9	40.3	39.1	38.4	38.5	27.2	25	28.7	29.4	34.2	34.2	32.4	34.1	32.3	36.1	29.6	30.2	26.3	27.8	32.2	33.3	35.5	34.3				
Tl	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2				

جدول ۳-۳: درصد خطای نسبی آنالیز عناصر مختلف(به روش محاسباتی)

عنصر	Au	Cr	Mn	Ni	Pb	Sr	Ba	Be	Ti	Fe	Al
خطای نسبی(٪)	62.94	13.08	6.93	5.57	21.10	5.59	5.25	14.50	10.98	4.37	6.85
عنصر	La	Sc	Ca	Li	P	V	Mg	K	Na	S	Zr
خطای نسبی(٪)	6.11	5.01	6.00	17.40	8.33	7.27	4.76	48.44	43.36	8.01	12.00
عنصر	Hg	Ag	As	B	Bi	Co	Cu	Mo	Sb	Zn	Sn
خطای نسبی(٪)	48.21	17.66	16.32	0.00	105.99	5.79	10.02	29.15	38.83	11.96	11.80
عنصر	W	Cs	Nb	U	Te	Cd	Rb	Th	Y	Ce	Tl
خطای نسبی(٪)	37.69	6.15	12.48	6.40	12.81	8.75	24.61	7.57	9.60	13.77	14.29



شکل ۳-۱: نمودارهای کنترل خطا برای عنصر طلا در محدوده ۱:۲۵۰۰۰ لنجان ۱



شکل ۳-۲: نمودارهای کنترل خطا برای عنصر منگنز در محدوده ۱:۲۵۰۰۰ لنجان ۱

با توجه به این محاسبات و همچنین بر اساس مقایسه نمودارهای کنترل خطا می توان گفت که:

۱- میزان خطای اندازه گیری در مورد عناصر Mn,Ni,Sr,Ba,Fe,Al,La,Sc,Ca,P,V,Mg,S,B,Cs,U,Cd,Th,Y کمتر از ۱۰ درصد بوده که قابل قبول میباشد.

۲- میزان خطای اندازه گیری در مورد عناصر Cr,Be,Ti,Zr,Cu,Zn,Sn,Nb,Te,Ce,Tl کمی بیش از حد استاندارد(۱۰ درصد) میباشد و تا حدی قابل قبول میباشد.

۳- میزان خطای اندازه گیری در مورد عناصرPb,Li,Ag,As,Mo,Rb بین ۱۵ تا ۲۰ درصد می باشد که با نتایج مربوط به آنها باید محتاطانه برخورد کرد.

در مورد عناصر Au,K,Na,Hg,Bi,Sb,W که میزان خطای اندازه گیری آنها بالای ۲۰ درصد می باشد در مورد بعضی از عناصر مثل طلا و جیوه می توان گفت، این خطا ممکن است به علت نزدیکی غلظت جفت نمونه های تکراری به حد تشخیص دستگاه آنالیز باشد، لیکن در مورد بقیه عناصر این خطاها خیلی بالاتر از حد استاندارد می باشد و باید مجددا آنالیز صورت گیرد. بنابراین با این جفت نمونه های تکراری در مورد میزان خطای آنالیز این عناصر با قطعیت نمی توان سخن گفت.

با توجه به جدول ۳-۳ و نمودارهای خطا مشاهده می شود که محاسبه خطا با رابطه ۳-۱ در مقایسه با نمودارهای تامپسون-هوارث مقادیر پائین تری را ارائه نموده است. علت این اختلاف را می توان در این نکته دانست که استفاده از رابطه ۳-۱ باعث سرشکن شدن خطاهای موجود بین تمامی نمونه ها می شود. اما در نمودارهای کنترلی وجود حتی یک مورد با خطای بالا باعث تاثیر قابل توجه در خطای مجموعه داده ها می شود(خصوصا هنگامی که تعداد زوج نمونه ها کم باشد). به عبارت دیگر در این نمودارها خطای هر جفت نمونه دارای تاثیری مستقل از سایر جفت نمونه ها می باشد. در هر صورت با توجه به خطـاهای موجود می توان پـردازش داده ها را انجام داد.